

**Verteilungsmuster der arthroskopisch  
objektivierten Knorpelschäden des Kniegelenkes  
unter besonderer Berücksichtigung der beruflichen  
und sportlichen Aktivität**

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Marcel Peter  
geboren am 21. Juli 1981 in Gera

## **Gutachter**

1. Gutachter: Prof. Dr. med. habil. Rainer Schiele  
(Institut für Arbeitsmedizin Jena)
2. Gutachter: PD Dr. med. habil. Gunter Spahn  
(Praxisklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie Eisenach)
3. Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Richard Kessel  
(Institut für Arbeitsmedizin Lübeck)

**Tag der öffentlichen Verteidigung:** 03. Mai 2011

## Abkürzungsverzeichnis

- Abb.	Abbildung
- ANOVA	analysis of variances
- BK	Berufskrankheit
- BMI	Body-Mass-Index
- bzw.	beziehungsweise
- ca.	zirka
- d.h.	das heißt
- ICRS	International Cartilage Repair Society
- insg.	insgesamt
- J	Jahr
- KL	Kellgren-Lawrence Score
- KOOS	Knee-Osteoarthritis-Outcome-Score
- lat.	lateral
- m	männlich
- med.	medial
- MPa	Megapascal
- MRT	Magnetresonanztomographie
- n	Anzahl
- o.g.	oben genannt
- Pa	Pascal
- SE	Standardabweichung
- vs.	versus
- w	weiblich
- WOAKS	Whole-Organ-Arthroscopic-Knee-Score
- z.B.	zum Beispiel

# **Inhaltsverzeichnis**

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>8</b>
<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>10</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>12</b>
2.1 Funktionelle Anatomie und Biomechanik der Kniegelenke	13
2.2 Physiologie und Pathophysiologie des Knorpels und des Meniskus	18
2.3 Vermutlicher Pathomechanismus der Knorpelschädigung und der Arthroseentstehung	20
2.4 Prävalenz von Knorpelschäden und Epidemiologie	22
2.5 Gonarthrose als Berufserkrankung	24
<b>3 Ziele der Arbeit und Hypothese</b>	<b>27</b>
<b>4 Material und Methode</b>	<b>29</b>
4.1 Patienten	29
4.2 Präoperative Diagnostik und Evaluation	29
4.3 Arthroskopie und Beurteilung der Schwere des Knorpelschadens	31
4.4 Auswertung und Statistik	34
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>35</b>
5.1 Allgemeine Daten der Evaluation	35
5.2 Evaluationsdaten Berufe und Berufsgruppen	36
5.3 Radiologische Befunde	39
5.4 Arthroskopische Befunde, Verteilung der Knorpelschäden und Osteophyten beim Gesamtkollektiv	42
5.5 Knorpelschaden adjustiert nach Lebensalter und Geschlecht	47
5.6 Gelenkdegeneration (WOAKS) bei verschiedenen Berufsgruppen	49
5.7 Knorpelschadensmuster nach ICRS bei verschiedenen Berufsgruppen	51
5.8 Evaluation und Knorpelschaden adjustiert nach Körpergewicht	66
5.9 Evaluation und Knorpelschaden adjustiert nach sportlicher Aktivität	69

<b>6 Diskussion</b>	<b>74</b>
6.1 Ergebnisdiskussion des gesamten Patientenkollektives	74
6.2 Ergebnisdiskussion nach Geschlecht	75
6.3 Ergebnisdiskussion nach Alter	77
6.4 Ergebnisdiskussion nach Beruf	77
6.5 Ergebnisdiskussion nach Körpergewicht	81
6.6 Ergebnisdiskussion nach Sport	83
6.7 Methodikdiskussion	84
6.8 Zusammenfassung der Ergebnisdiskussion	85
6.9 Ausblick	85
 <b>7 Schlussfolgerungen</b>	 <b>86</b>
 <b>8 Literatur</b>	 <b>87</b>
 <b>9 Anlage</b>	 <b>95</b>

## Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	<i>Prävalenz der radiologisch definierten Gonarthrosen ab Kellgren 2</i>	23
<i>Tabelle 2:</i>	<i>Berufsgruppen und Tätigkeiten mit häufigem Knien, Hocken, Kriechen und Arbeiten im Fersensitz</i>	26
<i>Tabelle 3:</i>	<i>WHO-Empfehlung zur Bestimmung der Adipositas</i>	30
<i>Tabelle 4:</i>	<i>Kriterien für das radiologische Gonarthrose Grading nach Kellgren-Lawrence</i>	30
<i>Tabelle 5:</i>	<i>Allgemeine Daten nach Altersgruppen-Clustern (Mittelwerte)</i>	36
<i>Tabelle 6:</i>	<i>Relative Häufigkeiten der Berufsgruppen und Beurteilung der Schwere der beruflichen Kniebelastung</i>	38
<i>Tabelle 7:</i>	<i>Sportliche Betätigung (noch aktiv oder früher aktiv) bezüglich der beruflichen Kniebelastung</i>	38
<i>Tabelle 8:</i>	<i>Übersicht der Altersgruppen Cluster und durchschnittlichen Kellgren-Lawrence Grad</i>	40
<i>Tabelle 9:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Patella medial</i>	52
<i>Tabelle 10:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Patella zentral</i>	53
<i>Tabelle 11:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Patella lateral</i>	54
<i>Tabelle 12:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Trochlea medial</i>	55
<i>Tabelle 13:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Trochlea Sulcus</i>	56
<i>Tabelle 14:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Trochlea lateral</i>	57
<i>Tabelle 15:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Belastungszone mediale Femurkondyle (MFC Bel.)</i>	58
<i>Tabelle 16:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Rand mediale Femurkondyle (MFC Rand)</i>	59
<i>Tabelle 17:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Belastungszone mediale Tibia (Tmed Bel.)</i>	60
<i>Tabelle 18:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Rand mediale Tibia (Tmed Rand)</i>	61
<i>Tabelle 19:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Belastungszone laterale Femurkondyle (LFC Bel.)</i>	62
<i>Tabelle 20:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Rand laterale Femurkondyle (LFC Rand)</i>	63

<i>Tabelle 21:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Belastungszone laterale Tibia (Tlat Bel.)</i>	64
<i>Tabelle 22:</i>	<i>Verteilungsmuster der Knorpelschäden Rand laterale Tibia (Tlat Rand)</i>	65
<i>Tabelle 23:</i>	<i>Unterschiedliche Sportaktivität bei Männern und Frauen</i>	70
<i>Tabelle 24:</i>	<i>Berufsgruppen und angegebene Berufe/Tätigkeiten</i>	99

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Druckbelastung der Gelenkflächen</i>	14
<i>Abbildung 2: Schematische Darstellung des Roll-Gleit-Mechanismus mit Verlagerung der Kontaktfläche nach dorsal</i>	14
<i>Abbildung 3: Veränderung der Kontaktflächen in Abhängigkeit von der Gelenkstellung</i>	16
<i>Abbildung 4: Zunahme des Anpressdruckes (PF) der Patella durch Zug des M. quadriceps (Q) und der Patellarsehne (PS) sowie Stellung der Gelenkflächen zueinander bei Streckung und Beugung</i>	17
<i>Abbildung 5: Spannungs-Kompressions-Diagramm bei Be- und Entlastung einer Knorpelprobe</i>	18
<i>Abbildung 6: Pathophysiologische Prozesse bei der Entstehung von Knorpelschäden</i>	21
<i>Abbildung 7: Arbeiten im Knien, Hocken und Fersensitz sowie Kriechen</i>	25
<i>Abbildung 8: Radiologisches Grading der Gonarthrose nach Kellgren-Lawrence</i>	31
<i>Abbildung 9: Arthroskopische Klassifikation der Knorpelschäden gemäß den Empfehlungen der ICRS</i>	32
<i>Abbildung 10: Gelenkkompartimente und Punkte zur Bestimmung des Knorpelschadens und des WOAKS</i>	34
<i>Abbildung 11: Verteilung der Altersgruppen</i>	35
<i>Abbildung 12: relative Häufigkeit verschiedener Berufstätigkeiten in Beziehung zum Geschlecht</i>	37
<i>Abbildung 13: Häufigkeit der Schwergrade der Gonarthrose nach Kellgren-Lawrence</i>	39
<i>Abbildung 14: Schweregrad der Gonarthrose in Beziehung zu Alter und Geschlecht</i>	40
<i>Abbildung 15: Häufigkeit von Osteophyten in Bezug auf das radiologische Arthrosestadium</i>	42
<i>Abbildung 16: Altersgruppen und KOOS in Bezug auf das Auftreten von Osteophyten</i>	43
<i>Abbildung 17: Häufigkeit der Knorpelschäden nach ICRS der Patella</i>	44
<i>Abbildung 18: Häufigkeit der Knorpelschäden nach ICRS der Trochlea</i>	44
<i>Abbildung 19: Häufigkeit der Knorpelschäden nach ICRS des medialen Gelenkkompartimentes</i>	45
<i>Abbildung 20: Häufigkeit der Knorpelschäden nach ICRS des lateralen Gelenkkompartimentes</i>	46
<i>Abbildung 21: Verteilung der Rissformen des Innenmeniskus</i>	46
<i>Abbildung 22: Verteilung der Rissformen des Außenmeniskus</i>	47



<i>Abbildung 23: WOAKS als Gesamtscore für die Gelenkschädigung in Bezug auf Alter und Geschlecht</i>	48
<i>Abbildung 24: WOAKS als Gesamtscore für die Gelenkschädigung in Bezug auf das radiologische Arthrosestadium</i>	48
<i>Abbildung 25: WOAKS in Beziehung zur Berufstätigkeit adjustiert nach Altersgruppen und Geschlecht</i>	50
<i>Abbildung 26: Häufigkeit von Osteophyten in Bezug auf die Berufstätigkeit</i>	51
<i>Abbildung 27: Verhältnis von Normal- zu Übergewicht</i>	66
<i>Abbildung 28: Verhältnis von Normal- zu Übergewicht innerhalb der Altersgruppen</i>	67
<i>Abbildung 29: Verhältnis von Normal- zu Übergewicht bei Männern und Frauen</i>	67
<i>Abbildung 30: KOOS im Verhältnis zu Normal-, Übergewicht und Adipositas</i>	68
<i>Abbildung 31: BMI bei Patienten mit unterschiedlicher beruflicher Belastung</i>	69
<i>Abbildung 32: Altersadjustierte Sportaktivität bei Männern und Frauen</i>	71
<i>Abbildung 33: Altersadjustierte Lebensqualität bei Sportlern und Nichtsportlern</i>	71
<i>Abbildung 34: Altersadjustierter Arthrosegrad bei Sportlern und Nichtsportlern</i>	72
<i>Abbildung 35: Altersadjustierte Gelenkdegeneration (WOAKS) bei Sportlern und Nichtsportlern</i>	73

# **1 Zusammenfassung**

## **Fragestellung:**

Mit der stetig steigenden Lebenserwartung in den Industrieländern ist auch eine Zunahme chronischer Erkrankungen verbunden. Neben den Stoffwechselerkrankungen und den Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist die Osteoarthritis weltweit eine der häufigsten Erkrankungen. Hierbei verursacht die Gonarthrose die meisten Beschwerden, deren radiologisch nachweisbare Prävalenz bei den über 55-Jährigen mit bis zu 68% angegeben wird. Nur durch Kenntnis der Ätiologie ist es möglich, Prävention, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose zu verbessern. Steigendes Lebensalter, Übergewicht, Verletzungen und Fehlstellungen gelten als arthrosefördernd. Ob eine berufliche Tätigkeit mit Kniebelastung ebenfalls das Arthroserisiko erhöht, wird noch kontrovers diskutiert. In vielen bisherigen Studien wurden meist nur radiologische Zeichen (Kellgren-Lawrence-Score) und klinische Symptome als Kriterium der Arthrose verwendet. Zur Beurteilung des Arthroserisikos durch berufliche Belastung wurden hier außerdem arthroskopische Befunde bei einer größeren Patientenpopulation erhoben und mit der Fragestellung ausgewertet, ob bestimmte berufliche Belastungen mit einer erhöhten Gonarthroserate verbunden sind.

## **Methode:**

Die Arthroskopiebefunde von 1199 Patienten aus dem Zeitraum von Januar 2005 bis Juni 2006 wurden in diese Untersuchung einbezogen. Dabei handelte es sich um 622 Männer und 577 Frauen. Voraussetzung war, dass die Beschwerden seit mindestens 3 Monaten bestanden und eine diagnostische Arthroskopie nötig wurde. Ausschlusskriterien waren frühere Operationen oder Verletzungen sowie sonstige Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates. Bei jedem Patienten erfolgte eine präoperative Evaluation, die BMI, Alter, röntgenologische Vorbefunde, Rauchgewohnheiten, sportliche sowie berufliche Anamnese und ein Beschwerdefragebogen (KOOS) enthielt. Während der Arthroskopie wurden insgesamt 17 definierte Gelenkbereiche untersucht und bewertet. Die Summe der Befunde wurde im WOAKS zusammengefasst, der den Zustand des gesamten Kniegelenkes beschreibt. Die erhobenen Daten von Evaluation und Arthroskopie wurden anschließend mittels SPSS ausgewertet, jeweils adjustiert nach Geschlecht, Alter, BMI, sportlicher und beruflicher Belastung.

### **Ergebnisse:**

Bei den arthroskopischen Befunden konnte keine Korrelation zwischen der Schwere der beruflichen Belastung, einschließlich der BK 2112, und einer Knorpeldegeneration gefunden werden. Bei den Berufen mit schwerer körperlicher Arbeit bzw. kniender Tätigkeit wurden mitunter sogar bessere arthroskopische Befunde in unserer Patientenstichprobe festgestellt (WOAKS, Meniskusbefunde), obwohl deren sportliche Aktivität signifikant höher war als bei Berufen mit geringerer körperlicher Belastung. Auch ein besonderes Schädigungsmuster war nicht nachweisbar. Ebenso konnte zwischen Knorpelzustand und BMI kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Hingegen waren bei zunehmenden Alter und geringerer sportlicher Betätigung signifikant schlechtere Knorpelbefunde nachweisbar.

### **Schlussfolgerung:**

Die in unserer Patientenpopulation erhobenen arthroskopischen Ergebnisse können die Vermutung der alleinigen Knorpelschädigung nur durch berufliche Belastung, insbesondere auch durch Tätigkeiten im Knie, nicht bestätigen.

Auch durch die biomechanischen Berechnungen zur Druckbelastung des Knorpels bei den verschiedenen Bewegungsabläufen erscheint eine Knorpelschädigung durch alleinige mechanische Belastung unwahrscheinlich.

So wirkt im Femorotibialgelenk bei 120 kg Gewicht beim Gehen ein Druck von 1,5 MPa (15,0 kg/cm<sup>2</sup>) auf das belastete Bein, beim Aufrichten aus der Hocke maximal 1,8 MPa (18,0 kg/cm<sup>2</sup>). Selbst eine Vordopplung der Druckspannung nach Meniskektomie auf 3,6 MPa (36,0 kg/cm<sup>2</sup>) führt nur zur elastischen Verformung.

Aufgrund der kleineren Gelenkfläche des Femoropatellargelenkes ist hier beim Aufrichten aus der Hocke im Extremfall maximal ein Anpressdruck der Patella bis zu 16 MPa (160 kg/cm<sup>2</sup>) möglich, allerdings meist nur mit einer sehr kurzen Einwirkzeit.

Vielmehr finden sich bei einer moderaten Belastung durch sportliche und/oder berufliche Betätigung signifikant bessere Knorpelbefunde. Bei mäßigem Belastungsprofil ist also sogar eine protektive Wirkung wahrscheinlich.

Deshalb ist es naheliegend, andere pathogene Faktoren zu vermuten, z.B. einen insuffizienten Knorpelstoffwechsel, der eine herabgesetzte Druckresistenz zur Folge hat. Dies wäre durch mangelnde Bewegung und chronische Ischämie der unteren Extremität denkbar. Somit könnten dann auch schon niedrigere Druckwerte zu Knorpelschäden führen.

## 2 Einleitung

Die Lebenserwartung der Bevölkerung in den Industrieländern ist in den letzten Jahrzehnten deutlich angestiegen. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2009) beträgt die mittlere Lebenserwartung für Frauen 82,4 und für Männer 77,2 Jahre. Damit verbunden ist auch eine Zunahme chronischer Erkrankungen. Unter diesen zählt die Osteoarthritis weltweit zu den häufigsten Gelenkerkrankungen, zahlenmäßig dominiert hierbei die Gonarthrose. Mit zunehmendem Lebensalter steigt die Prävalenz. So stellten Felson et al. (1989) in der Framingham Osteoarthritis Study eine Prävalenz der radiologisch gesicherten Gonarthrosen bei Frauen von 34% und bei Männern von 31% fest, davon waren 11% bzw. 7% symptomatisch. Das Durchschnittsalter betrug 73 Jahre. Angaben über die Inzidenz sind seltener zu finden, nach van Saase et al. (1989) steigt sie ab dem 40. Lebensjahr bei Frauen um 2,08%, bei Männern um 0,83%.

Die Zunahme der Arthrosen bedeutet nicht nur eine Minderung der Lebensqualität der Patienten, sondern auch eine zunehmende sozioökonomische Belastung wie direkte Krankheitskosten und indirekte Folgekosten für Invalidität [Engelhardt 2003]. Deshalb ist die Kenntnis der Ätiologie Voraussetzung für therapeutische und präventive Maßnahmen, die sowohl dem einzelnen Patienten als auch der Effizienz des Gesundheitswesens nützlich sind. Allerdings sind die Ursachen bisher noch nicht vollständig geklärt. Das bessere Erkennen von Risikofaktoren der Gonarthrose hat daher größte Bedeutung.

Bei einer Reihe von Patienten können Arthrosen nach Verletzungen oder Erkrankungen auftreten, so dass bei Arthroseentstehung über der altersadjustierten Norm von einer sekundären Arthrose ausgegangen werden kann. Beispiele dafür sind Arthrosen nach Komplexverletzungen, insbesondere dann, wenn Meniskusresektionen erforderlich wurden.

So führt eine Meniskusentfernung in den folgenden Jahren in bis zu 70% der Fälle zu sekundären arthrotischen Veränderungen [Engelhardt 2003].

Bei den meisten Patienten ist ein solcher Kausalzusammenhang oft aber nicht schlüssig nachweisbar. In diesen Fällen spricht man von einer idiopathischen oder primären Gonarthrose, bei der eine Beziehung zum allgemeinen Alterungsprozess besteht.

Daneben scheinen weitere Faktoren mit der Ausbildung primärer Arthrosen im Zusammenhang zu stehen, wie beispielsweise genetische Prädisposition, Geschlecht, hormonelle Einflüsse und Körpergewicht [Engelhardt 2003].

Kontrovers diskutiert wird der Einfluss beruflicher und sportlicher Belastungen. Es wird angenommen, dass eine vermehrte Belastung des Gelenkknorpels durch Scherung und Druck bei

bestimmten beruflichen und sportlichen Aktivitäten zu einer Schädigung führt, die bei länger einwirkender Expositionsdauer zum Knorpelschaden und schließlich zur Ausbildung einer Arthrose führt. Für kniende Berufe wurde entsprechend der wissenschaftlichen Begründung von einem erhöhten Risiko der Ausbildung einer Gonarthrose ausgegangen. Dazu zählen „eine Tätigkeit im Knieen oder vergleichbarer Kniebelastung mit einer kumulativen Einwirkungsdauer während des Arbeitslebens von mindestens 13.000 Stunden und einer Mindesteinwirkungsdauer von insgesamt einer Stunde pro Schicht“ [BArbBl 2005].

Die zunehmende Schädigung des Gelenkknorpels im Kniegelenk hat für die Entstehung der Arthrose zentrale Bedeutung. Sollte die erhöhte Gonarthroserate bei Patienten mit langzeitiger kniender Tätigkeit wirklich auf eine pathologische Druck- oder Scherbelastung zurückzuführen sein, so müssten diese Patienten bereits vor Manifestation der Erkrankung pathologische Knorpelschadensmuster in unphysiologisch belasteten Gelenkabschnitten ausbilden, die sich von anderen Patienten ohne Kniebelastung unterscheiden. Dies wurde bislang in dieser Form kaum untersucht.

## **2.1 Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes**

Das Kniegelenk besteht aus drei Teilgelenken, dem medialen und lateralen Femorotibialgelenk sowie dem Femoropatellargelenk. Anatomisch passen die Gelenkflächen von Femur und Tibia nicht zueinander. Die Femurkondyle ist gekrümmt, die Tibia hingegen fast eben. Daraus resultiert ein punktförmiger Kontakt. Diese Inkongruenz wird durch die Eigenschaften des Gelenkknorpels ausgeglichen, der sich bei Belastung verformt und somit die Kontaktfläche vergrößert. Ebenso wirken die beiden bindegewebigen Menisci, wodurch es zu einer besseren Druckverteilung zwischen Femur und Tibia kommt (schematisch in Abbildung 1 dargestellt). Diese Druckreduzierung beträgt im medialen Gelenk ca. 50% und im lateralen Gelenk ca. 70% [Spahn et al. 2008]. Weiterhin dienen die Menisci dem Abfangen stoßartiger Belastungen.

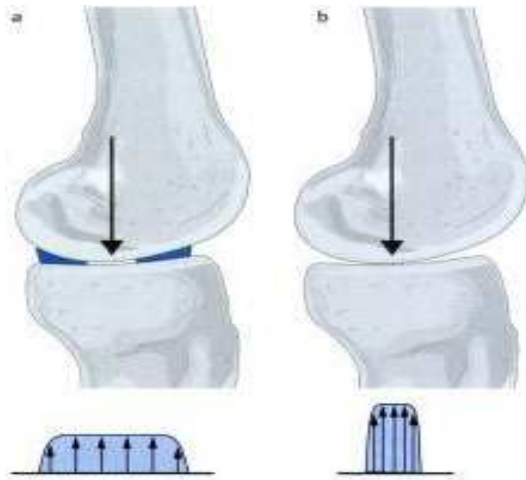


Abbildung 1: Druckbelastung der Gelenkflächen [Kohn et al. 2005]  
 (a) Vergrößerung der Kontaktfläche mit Druckverteilung  
 (b) punktförmiger Kontakt mit Druckerhöhung nach Meniskektomie

Mit zunehmender Beugung nimmt die Rotationsmöglichkeit zu (Innenrotation / Außenrotation 15-0-35 bei 20 Grad Flexion). Funktionell ist es ein Drehscharniergelenk (Extension / Flexion 15-0-150), allerdings nicht um eine feststehende Achse. Bei der Beugung wird die Drehachse entsprechend der Roll-Gleit-Bewegung des Femur auf der Tibia nach dorsal verlagert. Die Drehung erfolgt dann also zu jedem Zeitpunkt um eine andere Achse (Momentanachse) und die Gesamtbewegung vollzieht sich somit um sehr viele solcher Momentanachsen (Abbildung 2) [Lippert 2003].

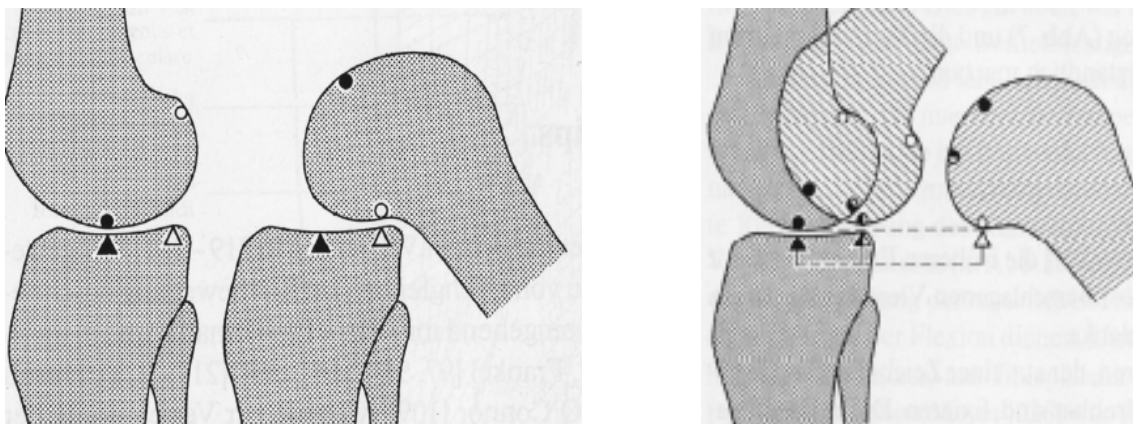


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Roll-Gleit-Mechanismus mit Verlagerung der Kontaktfläche nach dorsal [Reng et al. 2008]

Die Notwendigkeit des Roll-Gleit-Mechanismus ergibt sich aufgrund der anatomischen Verhältnisse. Ein komplettes Abrollen der Femurkondylen auf dem Tibiaplateau ist nicht möglich. Da der Umfang der Kondylen ca. 2,5mal so lang ist wie das Plateau, würden die Kondylen hinten vom Plateau abrutschen. Dies wird bei stärkerer Beugung allerdings von den Kreuzbändern verhindert. Beim normalen Laufen wird das Knie in der Regel nicht mehr als 30 Grad gebeugt. Dabei rollen Femur und Tibia aufeinander. Bei dieser Bewegung wird der Druck im Bewegungsablauf auf eine größere Knorpelfläche verteilt. Da die Kräfte immer senkrecht wirken, treten auch keine Scherkräfte nach vorn oder hinten auf und es ist auch kaum Reibung wirksam, so dass auch keine Reibungswärme oder Abrieb am Knorpel möglich ist. Bei weiterer Beugung bis ca. 60 Grad kommt zum Rollen ein Gleiten der Gelenkflächen hinzu. Dieser Übergang ist fließend. Bei Beugung über 60 Grad findet nur noch ein Gleiten der Femurkondylen über einem annähernd gleichen Punkt der Tibia statt, der Kontaktpunkt wird nicht weiter nach dorsal verlagert. Hierbei wirken durch die Gleitbewegung deutlich mehr Scherkräfte, der Reibungswiderstand ist erhöht, es entsteht Wärme und die Abriebgefahr für den Knorpel ist größer. Zudem ist die Kontaktfläche zwischen Femur und Tibia deutlich kleiner, was bei gleichem Gewicht zu einer Druckerhöhung führt.

In tiefer Hocke, wenn das Kniegelenk maximal gebeugt ist, ruhen die stark gekrümmten hinteren Bereiche der Femurkondylen auf dem hinteren Abschnitt der Tibiakondylen. Wenn die maximale Kniestreckung erreicht ist, steht der vordere Bereich der Femurkondylen vorn auf dem Tibiakopf (Abbildung 3). Demzufolge korrespondieren in Streckstellung und in Beugstellung (Sitzen oder Knien) verschiedene Knorpelbereiche, es gibt also zu jedem Zeitpunkt belastete und nicht belastete Gelenkflächenabschnitte.

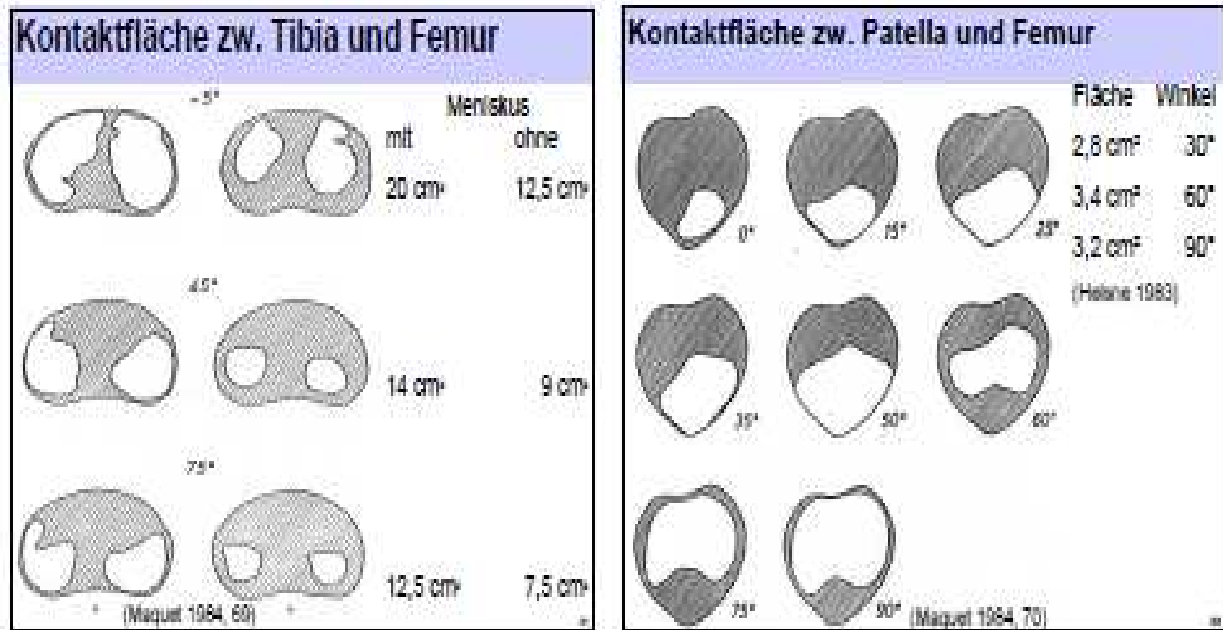


Abbildung 3: Veränderung der Kontaktflächen in Abhängigkeit von der Gelenkstellung [Maquet 1984]

Bei der Kniebeugung wird aber nicht nur die Kontaktfläche nach dorsal verlagert, sondern auch die Größe der Fläche ändert sich. Wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist, kommt es zu einer deutlichen Reduzierung der Kontaktfläche zwischen Femur und Tibia. Daraus resultiert bei Beugung eine vermehrte Druckbelastung des Knorpels, verstärkt noch durch Menishektomien.

Durch das Gleiten der Patella beim Übergang des Gelenkes von der Streckung zur Beugung ändert sich ebenfalls die Kontaktfläche im Femoropatellargelenk. Sie ist in Mittelstellung des Gelenkes am größten und wird bei maximaler Beugung etwas geringer. Gleichzeitig erhöht sich in Abhängigkeit von der Gewichtskraft die Kontraktion des M. quadriceps und damit die Gelenkskompressionskraft. Beim Aufrichten aus der Hocke kann sie das 5,5fache des Körpergewichts erreichen (Abbildung 4) [Kohn 2005]. Nach dem Gesetz  $p=F/A$  kommt es hier zu einer starken Druckbelastung des Knorpels bei gebeugtem Kniegelenk.



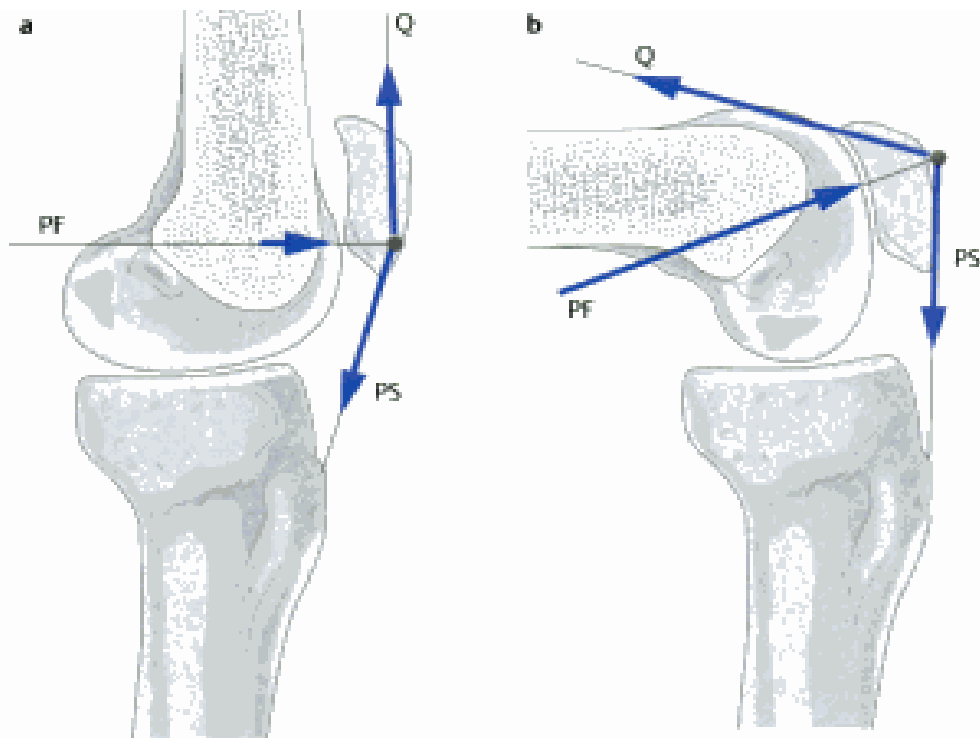


Abbildung 4: Zunahme des Anpressdruckes (PF) der Patella durch Zug des M. quadriceps (Q) und der Patellarsehne (PS) sowie Stellung der Gelenkflächen zueinander bei Streckung und Beugung [Kohn 2005]

Bei Beugung ändert sich auch die Lage der Kontaktflächen zueinander. Die Belastungszonen der Femurkondylen werden im Stehen durch Kontakt mit der Tibia belastet. Bei Kniebeugung gleitet die Patella 5-7 cm auf dem Femur, d.h. die Kondylen drehen sich unter die Patella, werden also auch bei Beugung belastet, während die dorsalen Kondylenbereiche auf das hintere Tibiaplateau gleiten.

Die Gelenkflächen sind mit hyalinem Knorpel überzogen, der in Abhängigkeit von der Belastung in seiner Dicke variabel ist. Dementsprechend findet sich die dickste Gelenkknorpelschicht überhaupt an der Rückseite der Patella mit ca. 6-10 mm, an den Femurkondylen beträgt sie ca. 3-4 mm und am Tibiaplateau nur ca. 2 mm. Durch seine Verformbarkeit kommt es zur Druckreduzierung auf den Knorpel und auf den subchondralen Knochen. Dieser Knorpel ermöglicht einen fast reibungslosen Bewegungsablauf. Der Reibungskoeffizient von 0,02-0,005 ist vergleichbar mit dem von Stahl auf Eis von 0,03. In weniger belasteten Randbereichen der Gelenke nimmt die Knorpeldicke ab. Der Knorpel wird physikalisch vor allem auf Druck und Scherung beansprucht [Spahn et al. 2008].

Im Stehen und Laufen verläuft die Gewichtskraft medial des Kniegelenkes. Dadurch wird das mediale Femorotibialgelenk deutlich stärker belastet als das laterale.

## 2.2 Physiologie und Pathophysiologie des Gelenkknorpels und des Meniskus

Die Chondrocyten des Knorpels bilden die Matrixbestandteile Kollagen, Enzyme und Link-Proteine sowie Proteoglykane. Die Funktion der Proteoglykane ist die Bindung von großen Mengen Wasser, dessen Anteil bis zu 70% der Knorpelmasse beträgt [Martinek 2003]. Die Matrixstruktur bestimmt auch die physikalischen Eigenschaften des Knorpels, besonders seine hohe Druckresistenz. Durch den hohen Gehalt an Wasser im Knorpel werden die Kollagenfasern im Inneren vorgespannt. Bei auftretenden Druck- oder Scherkräften wird nun der Druck, der auf die kollagenen Fasern wirkt, in Zug umgewandelt und es kommt zum Ausstrom von Wasser in die Synovia und bei Entlastung entsprechend zum Rückstrom. Dies dient der Neutralisation von Druckbelastungen und vor allem auch dem Stoffaustausch und der Ernährung des Knorpels.

Biomechanisch reagiert der Knorpel auf Druckbelastung biphasisch. Unter geringer Belastung bis ca. 5 MPa ist er ideal elastisch, d.h. nach Lastrücknahme kehrt er sofort in seine Ausgangslage zurück. Bei höherem Druck kommt es zu einer plastischen Verformung, er kehrt nach Ende der Belastung nicht sofort in die Ausgangslage zurück. Ein Teil der Energie wurde umgewandelt in Reibungswärme. Im Verformungs-Spannungs-Diagramm kommt dies als Hystereseschleife in der Abbildung 5 zum Ausdruck [Madea 2003].

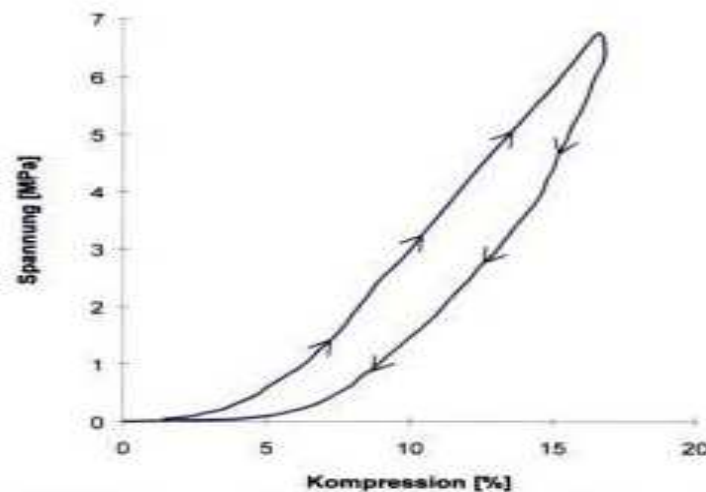


Abbildung 5: Spannungs-Kompressions-Diagramm bei Be- und Entlastung einer Knorpelprobe (Hysteresekurve) [Madea et al. 2003]  
Die Pfeile geben die Belastungsrichtung an (Zunahme oder Abnahme).

Die Fläche zwischen den Kurven entspricht der in Wärme umgewandelten Energie. Die plastische Verformung ist unter physiologischen Bedingungen zeitlich versetzt reversibel, deshalb wird das Verhalten als viskoelastisch bezeichnet. Die Viskoelastizität des Gewebes wird vorwiegend durch die Bewegung des im Gewebe enthaltenen Wassers bestimmt. Bei Belastung kommt es zum Ausstrom, bei Entlastung zum verzögerten Wiedereinstrom [Spahn et al. 2006].

Die Knorpelschädigung ist mit einer Abnahme der Syntheseleistung der Chondrocyten (Anabolie) und einer Zunahme der Abbauvorgänge (Katabolie) verbunden. Durch Apoptose (programmierter Zelltod), geringeres Ansprechen auf anabole Substanzen (IGF-1) oder sonstige Schädigung der Chondrocyten (Dauerbelastung, Ischämie) kommt es zu einer verminderten Bildung von Aggrecan und Kollagen Typ II bei gleichzeitiger Freisetzung von katabolen Zytokinen (IL-1, TNF-alpha) und Radikalen. Diese führen zu einer Aktivierung der Matrix-Metallo-Proteinasen und es kommt zu einem beschleunigten Matrixabbau. Infolgedessen nimmt die Wasserbindungskapazität der Matrix deutlich ab. Folge ist eine Abnahme der mechanischen Festigkeit des Knorpels [Bau et al. 2002].

Bei weiter einwirkender Belastung sind die Chondrocyten einem erhöhten Druck ausgesetzt und der Schädigungsprozess beschleunigt sich. Es kommt zu Knorpeldefekten (Ulcerationen) und Abnahme der Knorpeldicke bis hin zum totalen Knorpelverlust.

Der Meniskus hingegen scheint selbst durch längerfristige Krafteinwirkung keinen Schaden zu nehmen, da er eine hohe Belastungsresistenz besitzt. Nur bei Punktbelastungen zeigt er eine erhöhte Anfälligkeit. Der eigentlich wirksame pathogene Mechanismus auf den Faserknorpel ist die chronische Ischämie, deshalb nehmen Schäden meist in der schlecht versorgten inneren Region ihren Anfang und Erkrankungen mit Durchblutungsstörungen (Diabetes mellitus, Hyperlipidämie) begünstigen degenerative Veränderungen.

### **2.3 Vermutlicher Pathomechanismus der Knorpelschädigung und der Arthroseentstehung**

Die Arthrose wird „als Gelenkfehlfunktion aufgrund struktureller Schäden“ definiert, „die letztlich zum Versagen des gesamten Gelenks führen können. Der Knorpelschaden ist nur ein Teil, wenn auch ein zentraler Teil des Gesamtschadens am Gelenk. Subchondraler Knochen, Ligamente, Kapsel, Synovialmembran und periartikuläre Muskeln sind im Verlauf in unterschiedlichem Maße mitbetroffen“ [Hempfling et al. 2008].

Die Ätiologie der Arthrose wird als komplexes Geschehen aufgefasst, d.h. das Zusammenwirken mehrerer arthrosefördernder Faktoren gleichzeitig. Dazu zählen Achsen-Fehlstellungen (Varus, Valgus), Traumafolgen, Über- und Fehlbelastungen, Übergewicht, Dysplasien, Stoffwechsel- und rheumatische Erkrankungen, Hormonstatus, genetische Disposition und natürlich auch das Alter [Engelhardt 2003]. Der Verlauf lässt sich in einzelne Schädigungsphasen unterteilen. Am Anfang steht häufig eine Gelenkfehlfunktion (z.B. Überlastung) mit einer initialen Schädigung (z.B. der Chondrocyten). Folge ist ein Knorpelschaden, der letztendlich bei Totalverlust des Knorpels mit einer Schädigung des subchondralen Knochens verbunden ist. Erst eine Knorpelreduktion um mehr als die Hälfte und knöcherne Umbauten sind radiologisch durch eine Gelenkspaltverschmälerung sichtbar. Bei weiterer Schädigung des Knochens kommt es im Spätstadium zum Funktionsverlust des Gelenkes mit Schädigung der Umgebungsstrukturen (Synovia, Bänder und Muskel) und knöchernen Ersatzanbauten in Form von Osteophyten.

In der folgenden Abbildung sind die Pathomechanismen der Knorpelschädigung nochmals schematisch dargestellt.

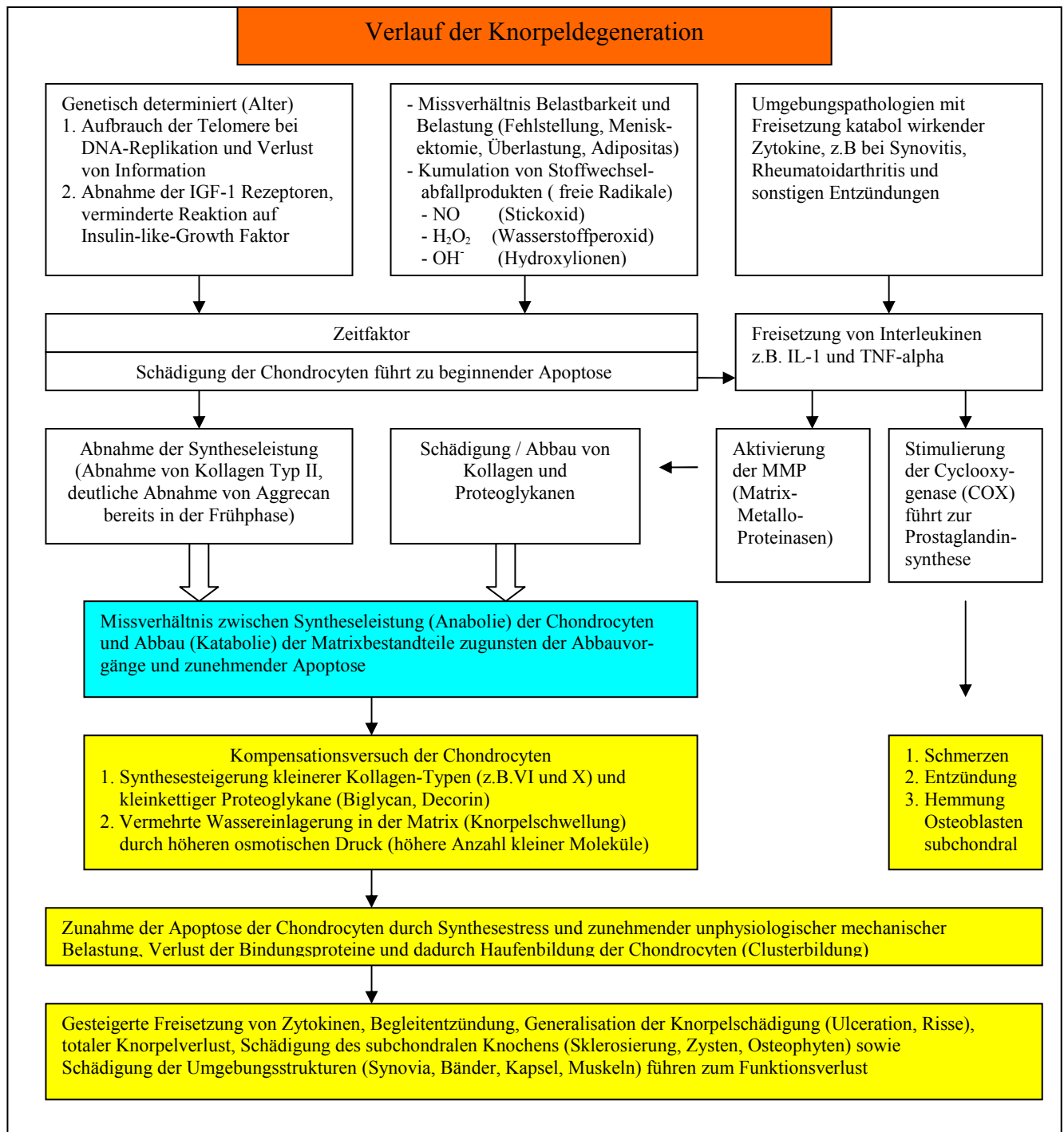


Abbildung 6: Pathophysiologische Prozesse bei der Entstehung von Knorpelschäden

## 2.4 Prävalenz von Knorpelschäden und Epidemiologie

Die Osteoarthritis ist die weltweit häufigste Gelenkerkrankung. Die ökonomische Belastung der Sozialsysteme und die individuellen Beeinträchtigungen der Patienten sind erheblich [Michael et al. 2010, Felson 1988]. Vor allem durch epidemiologische Studien ist es möglich, ursächliche Faktoren zu erkennen und Strategien für Präventivmaßnahmen zu entwickeln. Als allgemein anerkannte Risikofaktoren für eine Arthrose gelten Alter, Geschlecht, Übergewicht, Überbelastungen und Verletzungen der Gelenkstrukturen. Nur sehr wenige Studien haben die Epidemiologie arthrotischer Veränderungen der Gelenke in der deutschen Bevölkerung zum Thema. Die überwiegende Anzahl von Untersuchungen wurde in Skandinavien, Großbritannien und den USA durchgeführt [Engelhardt 2003].

Für die Durchführung epidemiologischer Studien sind klare, konkrete, valide und verlässliche Parameter zur Definition einer Krankheit gefordert. Die meisten epidemiologischen Studien zur Prävalenz von Arthrosen basieren auf klinischen Befunden und dem Nachweis radiologischer Veränderungen [Engelhardt 2003]. Diese wurden von Kellgren und Lawrence (1957) definiert und beinhalten Gelenkspaltverschmälerung, Vorhandensein von Osteophyten, subchondrale Sklerosierung und Geröllzysten. Trotzdem weisen viele Studien unterschiedliche Ergebnisse auf. Dies ist auch darin begründet, dass die Beurteilung von Röntgenbildern nicht unproblematisch ist, vor allem in frühen Arthrostadien, da die nachweisbaren Arthrosezeichen Spätveränderungen darstellen. So ist z.B. die radiologisch erkennbare Abnahme des Gelenkspaltes erst ab einem Knorpelverlust von 50% sichtbar. Auch radiologisch gesicherte Arthrosen sind häufig nicht klinisch symptomatisch und Schmerzen nicht unbedingt mit radiologisch signifikanten Anzeichen assoziiert [Engelhardt 2003].

Die Bestimmung der Inzidenz, d.h. der Neuerkrankungen der Osteoarthritis, ist noch diffiziler, da es schwierig ist, den Zeitpunkt zu bestimmen, an dem eine Osteoarthritis beginnt [Engelhardt 2003]. Deshalb sind Studien zur Inzidenz der Gonarthrose selten. Die jährliche Inzidenz radiologisch gesicherter Arthrosen betrug in einer niederländischen Studie ab dem 40. Lebensjahr etwa 1-2% (Frauen 2,08%, Männer 0,83%) [van Saase et al. 1989].

Allgemein ist festzustellen, dass die Prävalenz der Beschwerden der großen Gelenke, vor allem der Kniegelenke, hoch ist und mit dem Alter ansteigt. Bereits ca. 10% der Kinder klagen ständig oder zeitweise über Kniebeschwerden. Im frühen Erwachsenenalter erhöht sich dieser Anteil auf ca. 30%. Die Prävalenzrate bleibt dann lange Zeit relativ konstant, erst im höheren Lebensalter steigt sie auf ca. 50% an. In jüngeren Jahren sind die Beschwerden meist funktioneller Natur, obwohl durch neuere Untersuchungsmethoden (MRT, Arthroskopie) auch in dieser Altersgruppe

schon Schäden am Gelenkknorpel gefunden werden. Auch die röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen ab dem 40. Lebensjahr nehmen mit dem Alter zu. Im Alter ab ca. 60 Jahren beträgt die Rate der radiologisch nachweisbaren Gonarthrosen ca. 20-30% [Spahn et al. 2006]. Andere Autoren geben die Prävalenz der Gonarthrose bei über 55-Jährigen röntgenologisch bis zu 68% an, davon 2,5% symptomatisch [Krukemeyer et al. 2009].

*Tabelle 1: Prävalenz der radiologisch definierten Gonarthrosen ab Kellgren Stadium 2 [Engelhardt M et al. 2003, Bedson J et al. 2005, Theiler R et al. 2002]*

Land/Erstautor	Jahr	Patienten- anzahl	Alter in Jahren	Prävalenz in %		
				m	insg.	w
Schweden/Bergström	1986	81	79	22,0		26,0
Niederlande/Felson	1988	2597	ab 35	12,2		19,7
Framingham Osteo- arthritis Study/Felson	1987	1420	63-69	30,4		25,1
			70-79	30,7		36,2
			ab 80	32,6		52,6
Niederlande/van Sasse	1989	2957	ab 45	17,0		29,0
USA/Bedson	2005	146	ab 45		12,5	

In einem Literaturreview der Universität Ulm analysierten Sun et al. (1997) insgesamt 29 Studien zur Epidemiologie der Cox- und Gonarthrose. Als Ergebnis wurde eine extreme Schwankungsbreite der Prävalenz von 0,5 bis 36% festgestellt. Aufgrund der Unterschiede im Studienaufbau, der Bezugspopulationen und der Definition der Osteoarthrose ist ein Vergleich der verschiedenen Studien schwierig. Dennoch lassen sich folgende epidemiologische Muster erkennen: Allgemein steigen die Inzidenz bzw. Prävalenz der Cox- und Gonarthrose mit zunehmendem Alter an. Der sprunghafte Anstieg der Inzidenz der Gonarthrose bei Frauen nach dem 50. Lebensjahr spricht für einen Einfluss hormoneller Veränderungen im Rahmen der Menopause.

Am ehesten lassen sich die Ergebnisse einer großen niederländischen Studie [van Saase et al. 1989] auf die deutsche Bevölkerung abbilden. So wurden bei einer Stichprobe von 6585 Einwohnern an mehreren Gelenken Röntgenaufnahmen angefertigt. Es zeigte sich eine stark altersabhängige Prävalenz für röntgenologische Zeichen der Gonarthrose mit 15% im 50. Lebensjahr und bis zu 50% im 80. Lebensjahr. Etwa ein Drittel dieser Patienten hatten auch entsprechende Beschwerden, so dass basierend auf diesen Zahlen für Europa hochgerechnet werden kann, dass über 8% der Bevölkerung unter einer symptomatischen Gonarthrose leiden [Engelhardt 2003].

Eine der umfangreichsten Studien war die Framingham Knee Osteoarthritis Study (1989) als Teil der Framingham Heart Studie. In der Kohortenstudie wurden von Felson et al. 1420 Patienten von 1983 bis 1989 auf die Symptomatik einer Gonarthrose untersucht. Das Durchschnittsalter betrug 73 Jahre. Die Prävalenz für radiologisch gesicherte bzw. symptomatische Arthrosen betrug bei Frauen 34% bzw. 11% und bei Männern 31% bzw. 7%. Korrelation zwischen Arthrose und Körpergewicht war bei den Männern nur bei extremer Adipositas (oberhalb der 95. Perzentile), bei den Frauen auch schon bei geringerer Adipositas erkennbar. Der Einfluss von Östrogen konnte nicht eindeutig geklärt werden, auch zu den Rauchgewohnheiten bestand kein Zusammenhang [Felson et al. 1989 und 1990].

Eine Survey-Studie der Jahre 1991-1994 aus den USA, die die Arthrosehäufigkeit Erwachsener über 60 Jahre analysierte, erbrachte folgendes Ergebnis: Die Prävalenz der Gonarthrose ab Kellgren Grad 2 betrug insgesamt 37,4%, Frauen waren mit 42,1% häufiger betroffen als die Männer mit 31,2%. Auch bei den höhergradigen Schäden ab Kellgren Grad 3 waren die Frauen mit 12,5% häufiger betroffen, die Männer mit nur 6,5%. Signifikant mehr Arthrosen wurden in dieser Studie bei einem BMI über 30 kg/m<sup>2</sup>, bei höherem Alter und bei Berufen mit physischer Belastung festgestellt [Dillon et al. 1994].

## **2.5 Gonarthrose als Berufserkrankung**

### **Definition Berufskrankheit:**

Krankheiten werden als Berufskrankheiten bezeichnet, die nach den Erkenntnissen der medizinischen Wissenschaft durch besondere Einwirkungen verursacht sind, denen bestimmte Personengruppen durch ihre versicherte Tätigkeit in erheblich höherem Grade als die übrige Bevölkerung ausgesetzt sind [SGB VII §9].

### **Hintergrund:**

Mechanische Faktoren wie Kongruenzstörungen oder Dysfunktionen der Gelenke, die zu einer erhöhten Druckkraft auf den Gelenkknorpel führen, sind seit langer Zeit als Ursache einer Arthrose bekannt [Hackenbroch 2002]. Inwieweit allerdings eine berufliche Tätigkeit mit Kniebelastung ursächlich für die Gonarthroseentstehung ist, wird noch kontrovers diskutiert. In Studien von Wickström et al. (1983), Sandmark et al. (2000) und Lau et al. (2000) fanden sich keine wesentlich erhöhten Gonarthroseraten. Anderson und Felson (1988) fanden bei kniebelasteten männlichen Beschäftigten über 55 Jahre ein signifikant erhöhtes Risiko, nicht aber



bei jüngeren Altersgruppen. Auch Coggon et al. (2000) konnten in einer Fall-Kontroll-Studie keinen Zusammenhang zwischen Kniebelastung und Gonarthroserisiko finden. Hingegen stellten Lindberg und Montgomery (1987) ein signifikant erhöhtes Gonarthroserisiko bei Werftarbeitern in Schweden fest, ebenso Kellgren und Lawrence (1958) bei Bergarbeitern und Kirkeskov Jensen et al. (2000) bei Fußbodenlegern.

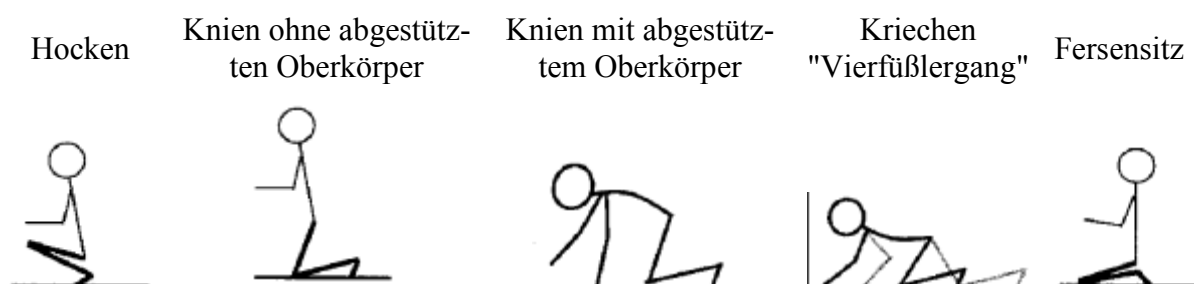
In einer Reihe epidemiologischer Studien wird also Knien als gonarthrosefördernd angesehen, da sich bei kniebelastenden Berufen vielfach eine Gonarthrose zeigte. Diese Tatsache findet ihren Niederschlag in der wissenschaftlichen Begründung der Gonarthrose als Berufskrankheit (BK), die vom Sachverständigenrat im Bundesarbeitsblatt Heft 10/2005 publiziert wurde.

**Die wissenschaftliche Begründung zur Berufskrankheit Nr. 2112 lautet:**

„Gonarthrose durch eine Tätigkeit im Knien oder vergleichbarer Kniebelastung mit einer kumulativen Einwirkungsdauer während des Arbeitslebens von mindestens 13.000 Stunden und einer Mindesteinwirkungsdauer von insgesamt einer Stunde pro Schicht.“ [BArbBl 2005]

#### **Gefahrenquellen:**

Unter einer Tätigkeit im Knien im Sinne dieser Berufskrankheit wird eine Arbeit verstanden, bei der der Körper durch das Knie und die Vorderseite des Unterschenkels abgestützt wird. Dabei kann es sich um einseitiges oder beidseitiges Knien sowie um Knien mit oder ohne Abstützung des Oberkörpers durch die Hände handeln. Tätigkeiten mit einer dem Knien vergleichbaren Belastung sind einseitige oder beidseitige Arbeiten im Hocken oder im Fersensitz sowie Kriechen. Unter einer Tätigkeit im Hocken im Sinne dieser Berufskrankheit wird eine Arbeit verstanden, bei der der Beschäftigte bei maximaler Beugung der Kniegelenke das Körpergewicht auf den Vorfußballen oder den Füßen abstützt. Beim Fersensitz liegen die Kniegelenke und die ventralen Anteile des Unterschenkels auf der Arbeitsfläche auf und der Beschäftigte sitzt bei maximaler Kniegelenksbeugung auf der Ferse [BArbBl 2005].



*Abbildung 7: Arbeiten im Knien, Hocken und Fersensitz sowie Kriechen [BArbBl 2005]*

Tätigkeiten im Knien, Hocken, Kriechen oder im Fersensitz kommen insbesondere bei folgenden Berufsgruppen und Tätigkeiten vor, die in Tabelle 2 aufgelistet sind.

*Tabelle 2: Berufsgruppen und Tätigkeiten mit häufigem Knien, Hocken, Kriechen und Arbeiten im Fersensitz*

Fliesenleger	Maler	Bodenleger	Betonbauer
Teppichleger	Bergleute	Parkettleger	Schweißer
Schiffbauer	Estrichleger	Werftschlosser	Pflasterer
Gärtner	Dachdecker	Rangierer	Installateure
Arbeiten im Hocken, Kriechen, Fersensitz		Natur- und Kunststeinleger	

### **Klinik der Gonarthrose als Berufserkrankung:**

Die beruflich und außerberuflich erworbenen Gonarthrosen des femorotibialen Gelenks unterscheiden sich im klinischen Erscheinungsbild nicht. Neben der entsprechenden Belastungsanamnese werden als diagnostische Kriterien vorausgesetzt [Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 2112. 2009]:

- röntgenologische Gonarthrose ab Grad 2 (nach Kellgren) durch übermäßigen Abrieb des Gelenkknorpels mit Gelenkspaltverschmälerung
- Sklerosierung der medialen Kondylen
- Osteophytenbildung
- Zystenbildung und Varisierung mit der Folge von chronischen Kniegelenksbeschwerden wie Schmerzen, Bewegungseinschränkung, Funktionsstörungen (eingeschränkte Streckung und Beugung) und Versteifungen

Falls nun Tätigkeiten im Knien oder mit vergleichender Kniebebelastung doch zu einer vorzeitigen Gonarthrose führen würden, so müsste ein belastungskonformes Schadensbild der Knorpelschädigung gefunden werden. Bei Beschäftigten ohne die Belastungen im Knien (z.B. nur Risikofaktor Adipositas) sollte sich dann die Schädigung (vermehrt schwere Knorpelschäden) zuerst im vorderen Bereich der Femurkondylen und der Tibia finden lassen, bei der berufstypischen Belastung dagegen im hinteren Bereich [Hartmann et al. 2007].

### **3 Ziele der Arbeit und Hypothesen**

Viele der oben genannten Studien belegen den Zusammenhang zwischen Alter, BMI und Gonarthrose. Der Einfluss beruflicher Belastung ist noch strittig. So auch die neueste Studie von Bolm-Audorff (2010). In dieser Fall-Kontroll-Studie mit 295 Patienten wurde bei einem BMI von über 28,4 kg/m<sup>2</sup> ein deutlich höheres Arthroserisiko gefunden. Noch höher war das Risiko in Kombination mit kniender Tätigkeit (4%) oder mit dem Tragen von Lasten (7%).

Bei den meisten bisherigen Studien galten als Diagnosekriterium ein Kellgren-Lawrence-Score ab Grad 2 und/oder klinische Befunde. Erstere sind Spätveränderungen, letztere sind nicht immer beweisend für Gonarthrose sondern oft auch funktioneller Natur [Engelhardt 2003].

Bisher wurden arthroskopische Befunde kaum verwendet. Doch nur dadurch können geringfügige Veränderungen, die radiologisch noch nicht sichtbar sind, entdeckt werden. Auch kann der Zustand des Knorpels in den einzelnen Kompartimenten beurteilt werden und so ein spezielles Schädigungsmuster durch bestimmte Belastungen aufdecken.

Die erhobenen arthroskopischen Befunde, adjustiert nach Alter, Körpergewicht, Geschlecht, sportlicher und beruflicher Belastung könnten einen Beitrag zur Wertung der als potenziell arthrosefördernd geltenden Faktoren leisten. Insbesondere die Frage nach der Bedeutung einer beruflichen Tätigkeit mit Kniebelastung bei der Arthroseentstehung soll beantwortet werden.

## **Hypothesen:**

**Hypothese 1:** *Es bestehen geschlechtsspezifische Unterschiede hinsichtlich der arthroskopisch diagnostizierten Knorpelschäden.*

**Hypothese 2:** *Mit fortschreitendem Alter kommt es zu einer signifikanten Zunahme der Knorpelschäden im Sinne einer Gonarthrose.*

**Hypothese 3a:** *Berufe mit höherer körperlicher Belastung bzw. verstärkt kniender Tätigkeit im Sinne einer BK-relevanten Expositionsdauer weisen arthroskopisch signifikant häufiger Knorpelschäden im Sinne einer Gonarthrose auf als andere Berufsgruppen.*

**Hypothese 3b:** *Patienten mit kniender Berufstätigkeit haben arthroskopisch ein anderes Verteilungsmuster der Knorpelschäden im Kniegelenk als Patienten ohne kniebelastende Tätigkeit.*

**Hypothese 4:** *Mit zunehmendem Körpergewicht zeigen sich arthroskopisch signifikant mehr Knorpelschäden im Sinne einer Gonarthrose als bei Normgewichtigen.*

**Hypothese 5:** *Sportliche Betätigung hat einen positiven Einfluss auf die Verhinderung von arthroskopisch diagnostizierbaren Knorpelschäden.*

## **4 Material und Methode**

### **4.1 Patienten**

Von 01/2005 bis 06/2006 wurden in der Praxisklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie Eisenach 1.199 Arthroscopien bei Patienten mit länger als 3 Monate bestehenden Kniebeschwerden durchgeführt.

Es handelte sich um 622 Männer und 577 Frauen im Alter von 49,8 Jahren (SE=15,7J; min=17J; max=85J). Das rechte Kniegelenk war 666mal und das linke Kniegelenk 533mal betroffen. Die Beschwerden bestanden präoperativ 11,3 Monate (SE=11,5 Monate; min=3 Monate; max=48 Monate).

Ausschlusskriterien für die Untersuchung im Rahmen der Studie waren Traumen in der Anamnese (einschließlich Bandrupturen und Patellaluxation), Voroperationen, Patienten mit rheumatischen Erkrankungen sowie potenziell gelenkpathogene Stoffwechselerkrankungen (Gicht und Pseudogicht).

### **4.2 Präoperative Diagnostik und Evaluation**

Die Operationsindikation wurde aufgrund anamnestischer Befragung, klinischer Befundung (z.B. Meniskussymptomatik) und fakultativ aufgrund von MRT-Befunden gestellt. Bei allen Patienten erfolgte eine strukturierte Anamneseerhebung zur Bestimmung des KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) in der deutschen Version. Der Inhalt des Fragebogens ist als Anhang 1 angefügt.

Bei der Eingangsuntersuchung wurden Körpergröße, Körpergewicht sowie der Body-Mass-Index (BMI) ermittelt:  $BMI = \text{Körpergewicht} / \text{Körpergröße}^2 \text{ [kg/m}^2\text{]}$ .

Die Beurteilung von Normal- und Übergewicht bzw. Adipositas erfolgte gemäß den WHO-Richtlinien (Tabelle 3).

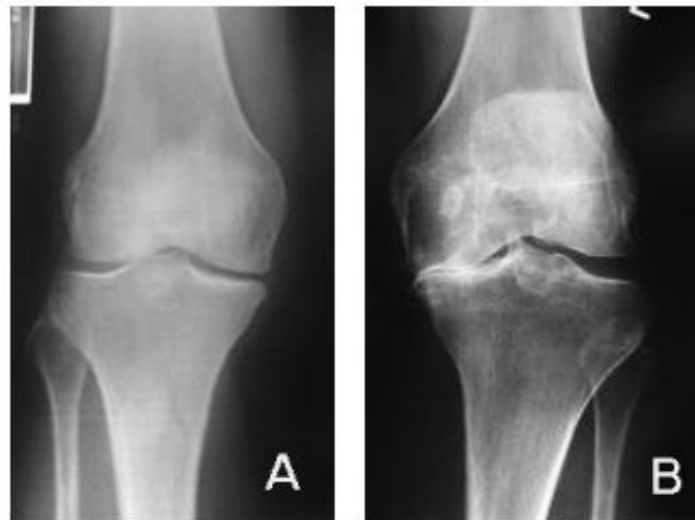
Tabelle 3: WHO-Empfehlung zur Bestimmung der Adipositas (2000)

	<b>BMI</b> <b>[kg/m<sup>2</sup>]</b>
<b>Normalgewicht</b>	18,5 – 24,9
<b>Übergewicht</b>	25,0 – 29,9
<b>Adipositas Grad 1</b>	30,0 – 34,9
<b>Adipositas Grad 2</b>	35,0 – 39,9
<b>Adipositas Grad 3</b>	über 40,0

Bei allen Patienten wurde präoperativ eine Röntgenstandard-Aufnahme in 2 Ebenen angefertigt. Der Schweregrad der Gonarthrose wurde gemäß den Empfehlungen von Kellgren-Lawrence bestimmt (Tabelle 4 und Abbildung 8).

Tabelle 4: Kriterien für das radiologische Gonarthrose Grading nach Kellgren-Lawrence (1957)

<b>grade 1</b>	doubtful narrowing of joint space and possible osteophytic lipping (zweifelhafte Gelenkspaltverschmälerung und mögliche Osteophyten)
<b>grade 2</b>	definite osteophytes and possible narrowing of joint space (nachweisbare Osteophyten und mögliche Gelenkspaltverschmälerung)
<b>grade 3</b>	moderate multiple osteophytes, definite narrowing of joint space, some sclerosis and possible deformity of bone contour (multiple Osteophyten mittlerer Größe, sichere Gelenkspaltverschmälerung)
<b>grade 4</b>	large osteophytes, marked narrowing of joint space, severe sclerosis and definite deformity of bone contour (große Osteophyten, deutliche Gelenkspaltverschmälerung, deutliche Sklerose und Deformierung der Knochenstruktur (Zysten))



*Abbildung 8: Radiologisches Grading der Gonarthrose nach Kellgren-Lawrence [Kellgren and Lawrence 1957]:*  
*A: Normalbefund bis Grad 1*  
*B: Gonarthrose Grad 4, medial (Varusgonarthrose)*

Neben der allgemeinen Anamnese wurden die Patienten bezüglich ihrer Berufstätigkeit und ihrer sportlichen Aktivität befragt.

Bei der Beurteilung der beruflichen Kniebelastung wurde zwischen geringer Belastung (z.B. Bürotätigkeit), mäßiger Belastung (z.B. Kraftfahrer, Lagerarbeit), hoher Kniebelastung (z.B. Bauberufe) und denjenigen Berufen, die prinzipiell die Kriterien für die BK 2112 erfüllten, unterschieden. Patienten, die weniger sicher verwertbare Angaben (z.B. Hausfrau, Rentner, keine Beruf usw.) machten, wurden als gesonderte Gruppe zusammengefasst.

Bei der Sportaktivität wurde zwischen „kein oder gelegentlicher Freizeitsport“ sowie „aktiver oder früherer Vereinssport“ unterschieden.

### **4.3 Arthroskopie und Beurteilung der Schwere des Knorpelschadens**

Alle Arthroskopien wurden durch denselben Operateur in Allgemeinnarkose und Oberschenkelblutsperrung durchgeführt. Die Beurteilung der Knorpelflächen erfolgte sowohl visuell als auch unter Benutzung eines arthroskopischen Tasthakens. Die Einschätzung der Schwere der Knorpelschädigung erfolgte anhand der durch die ICRS (International Cartilage Repair Society) vorgegebenen Richtlinien (Abbildung 9) [Brittberg und Winalski 2003].

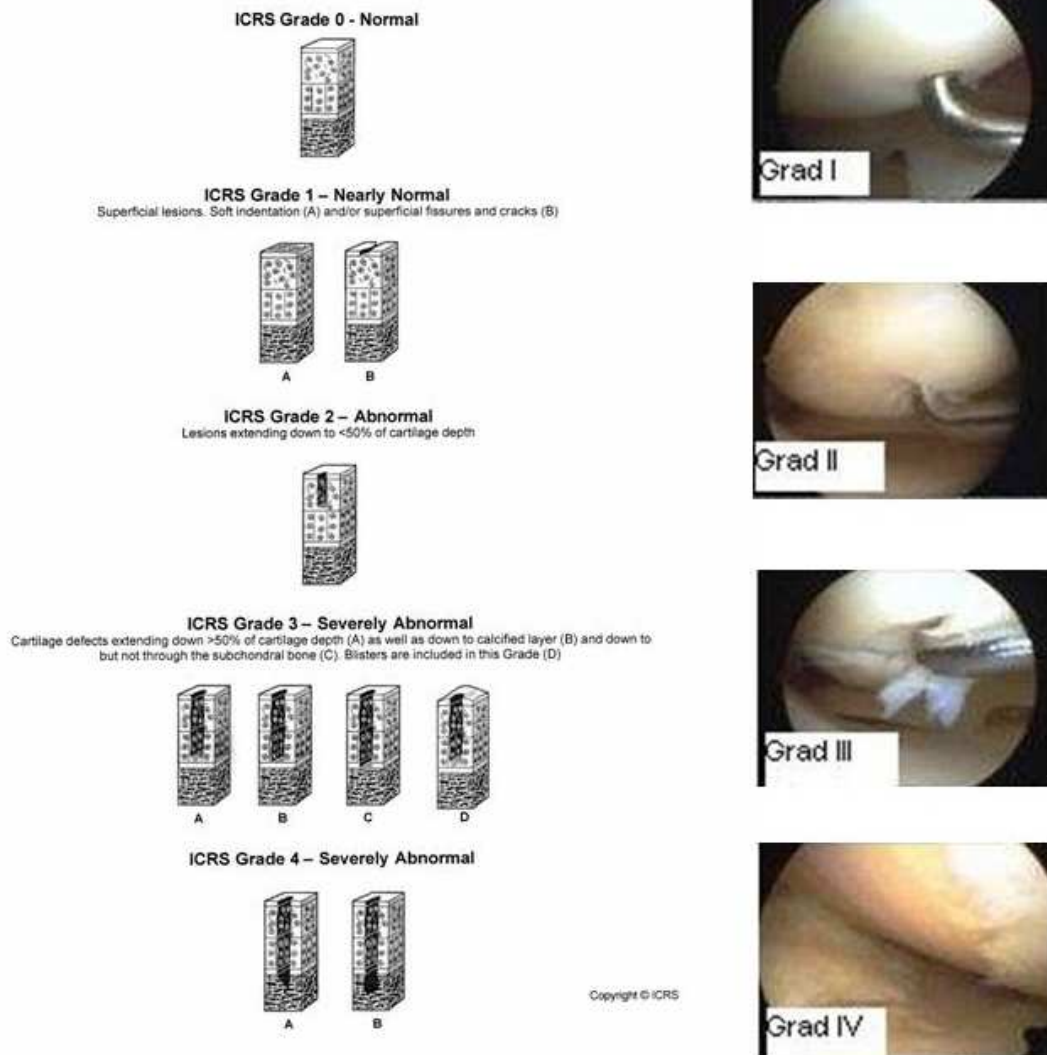


Abbildung 9: Arthroskopische Klassifikation der Knorpelschäden gemäß den Empfehlungen der ICRS [Brittberg und Winalski 2003]

Zur Bestimmung des Gesamtschadens am Kniegelenk diene der WOAKS (Whole-Organ-Arthroscopic-Knee-Score) [Spahn et al. 2008].

Der **WOAKS** ist ein Instrument, um die degenerativen Veränderungen im Kniegelenk mit einem Score zu bewerten und das Kniegelenk als komplettes Organ zu beschreiben. In den WOAKS fließen folgende Untersuchungsergebnisse während der Arthroskopie ein:

- definierte Knorpelpunkte aller Gelenkflächen in den verschiedenen Gelenkkompartimenten des Kniegelenks, die untersucht und nach den Empfehlungen der ICRS bewertet wurden
- Osteophyten als Spätveränderung der degenerativen Erkrankung
- Meniskusveränderungen



Meniskusschäden bestimmen wesentlich die Entstehung, Symptomatik und auch das Therapieergebnis einer degenerativen Knieerkrankung. Deshalb wurden sie in den WOAKS-Score aufgenommen und wie folgt bewertet:

- 0 = intakter Meniskus
- 1 = erforderliche Randglättung
- 2 = erforderliche partielle Resektion
- 3 = erforderliche subtotal Resektion
- 4 = erforderliche komplette Resektion bzw. komplett destruiert

Die Bewertung erfolgte separat für Innen- und Außenmeniskus.

Die Berechnung des WOAKS erfolgte dann als Summe der Schädigungsgrade der einzelnen Komponenten:

1. ICRS Grad	P-M	Patella surface medial
	P-C	Patella central crista
	P-L	Patella surface lateral
	T-M	Trochlea medial margin (Trochlea Rand medial)
	T-G	Trochlea groove (Trochlea Sulcus)
	T-L	Trochlea lateral margin (Trochlea Rand lateral)
	FM-M	Femur medial margin bearing zone (Femurkondyle medialer Rand)
	FM-B	Femur medial mean bearing zone (Femurkondyle mediale Belastungszone)
	FL-B	Femur lateral mean bearing zone (Femurkondyle laterale Belastungszone)
	FL-M	Femur lateral margin bearing zone (Femurkondyle lateraler Rand)
	TM-M	Tibia medial margin bearing zone (Tibia medialer Rand)
	TM-B	Tibia medial mean bearing zone (Tibia mediale Belastungszone)
	TL-B	Tibia lateral mean bearing zone (Tibia laterale Belastungszone)
	TL-M	Tibia lateral margin bearing zone (Tibia lateraler Rand)

2. Osteophyten

3. Innenmeniskusschaden

4. Außenmeniskusschaden

---

Summe ..... = WOAKS

Die einzelnen Punkte für die Evaluation zum WOAKS sind in Abbildung 10 gezeigt:

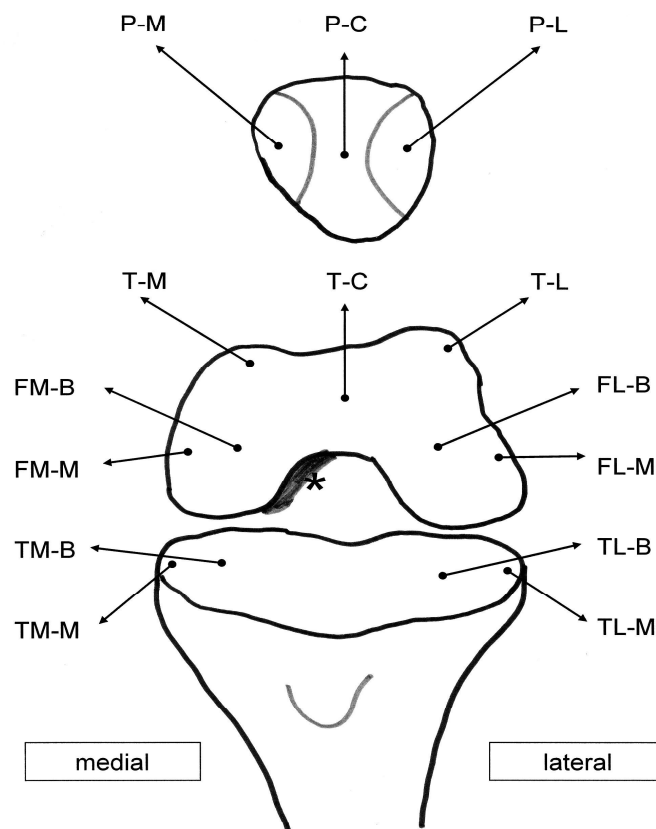


Abbildung 10: Gelenkkompartimente und Punkte zur Bestimmung des Knorpelschadens und des WOAKS (Whole-Organ-Arthroscopic-Knee-Score)  
[Spahn et al. 2008]

#### 4.4 Auswertung und Statistik

Die während der Patientenevaluation und Operation gewonnenen Daten wurden in eine Excel-Datenbank übertragen und anschließend mit dem Statistikprogramm SPSS (Version 1.3. SPSS inc. Chicago, IL, USA) ausgewertet. Die Normalverteilung wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test bei einer Stichprobe getestet. Der Mittelwertvergleich erfolgte durch Varianzanalyse (ANOVA), prozentuale Häufigkeiten wurden mit dem Chi-Quadrat-Test überprüft. Einheitlich wurde Signifikanz bei einem Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  angenommen.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Allgemeine Daten der Evaluation

Zur Bestimmung der Altersgruppen wurde eine Clusterzentrenanalyse mit 5 Clusterzentren durchgeführt. Die Clusterzentren lagen bei 24 (n=178), 39 (n=244), 51 (n=390), 64 (n=255) und 75 (n=132) Jahren (Abbildung 11 und Tabelle 5). Das Patientenalter war normalverteilt und zeigte keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Patienten im höheren Lebensalter hatten eine signifikant längere Anamnesedauer und entsprechend des KOOS-Fragebogens eine signifikant schlechtere durch die Knieerkrankung bedingte Lebensqualität. Keine Unterschiede bestanden bezüglich des BMI.

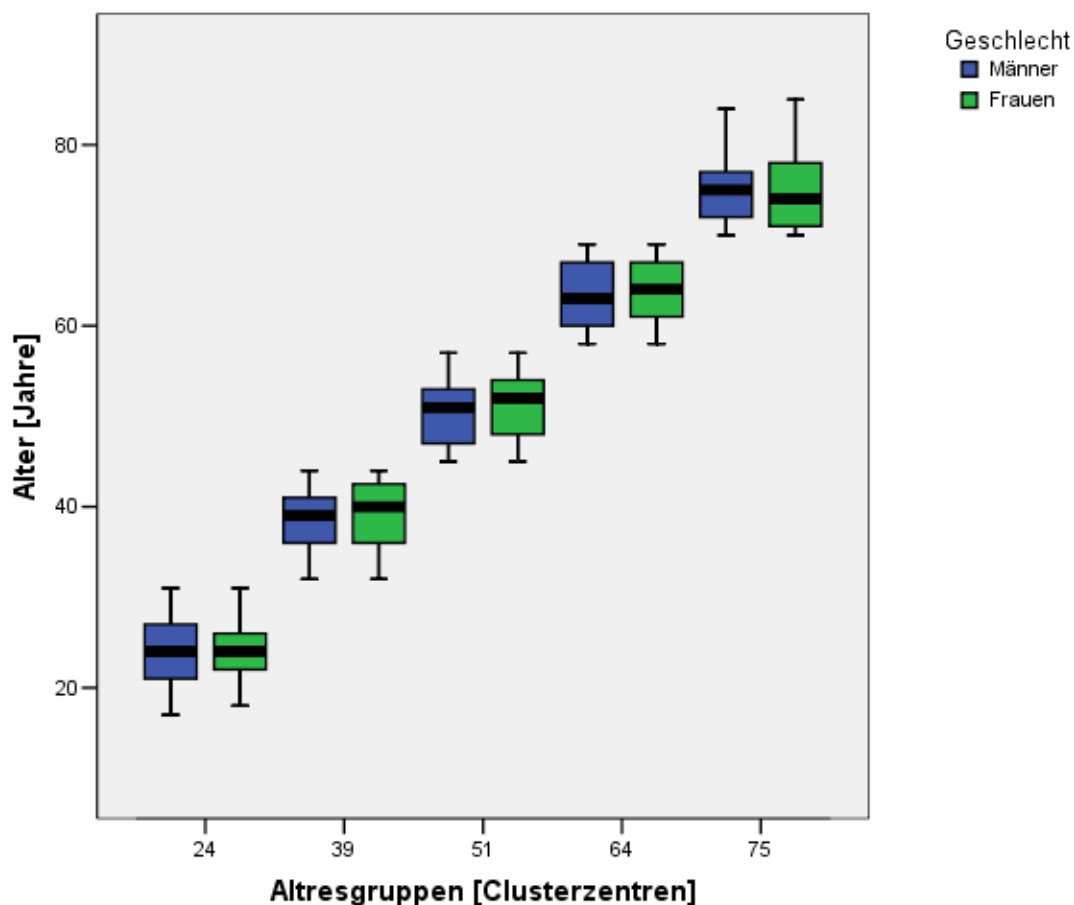


Abbildung 11: Verteilung der Altersgruppen

Tabelle 5: Allgemeine Daten nach Altersgruppen-Clustern (Mittelwerte)

Altersgruppen [Clusterzentren]		Alter [Jahre]	BMI [kg/cm <sup>2</sup> ]	Anamnese (Monate)	KOOS [Punkte]
24 (n=178)	Mittelwert	24,2	28,5	8,1	79,0
	Standardabweichung	3,8	4,5	7,8	27,9
	Minimum	17,0	20,3	3,0	47,0
	Maximum	31,0	41,9	48,0	128,0
39 (n=244)	Mittelwert	38,8	28,3	6,5	69,9
	Standardabweichung	3,6	4,1	5,3	25,0
	Minimum	32,0	18,2	3,0	42,0
	Maximum	44,0	39,1	48,0	128,0
51 (n=390)	Mittelwert	50,7	28,6	8,6	66,6
	Standardabweichung	3,6	4,5	7,8	26,8
	Minimum	45,0	18,2	3,0	28,0
	Maximum	57,0	45,6	48,0	128,0
64 (n=255)	Mittelwert	63,7	29,0	17,1	60,3
	Standardabweichung	3,5	4,4	14,4	20,5
	Minimum	58,0	20,2	3,0	31,0
	Maximum	69,0	54,4	48,0	127,0
75 (n=132)	Mittelwert	74,8	29,0	21,6	62,4
	Standardabweichung	3,8	4,5	16,0	26,9
	Minimum	70,0	19,7	3,0	21,0
	Maximum	85,0	39,4	48,0	126,0
<b>p</b>		<b>&lt;0,001</b>	<b>0,362</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Insgesamt (n=1199)	Mittelwert	49,8	28,7	11,3	67,3
	Standardabweichung	15,7	4,4	11,6	26,0
	Minimum	17,0	18,2	3,0	21,0
	Maximum	85,0	54,4	48,0	128,0

## 5.2 Evaluationsdaten Berufe und Berufsgruppen

Die Angaben der einzelnen Patienten bezüglich ihrer Berufstätigkeit waren sehr inhomogen. Retrospektiv wurde versucht, diese Patienten in Gruppen zusammenzufassen, woraus insgesamt 5 Schweregrade der beruflichen Belastung angenommen wurden (Tabelle 6): geringe Belastung, mittelmäßige Kniebelastung, starke Kniebelastung, starke Kniebelastung und zusätzliche Belastung durch ständiges Knien gemäß den Kriterien für die BK 2112 (Gonarthrose). Weiterhin wurde die Auswertung um nicht sicher verwertbare Angaben (z.B. Hausfrau, Rentner, ohne Beruf) ergänzt.

Danach war anzunehmen, dass 23,7% (n=284) leichte, 49,1% (n=589) mittelschwere und 8,9% (n=107) der Patienten schwere Berufe ausübten. Bei 42 Patienten (3,5%) wurden Tätigkeiten angegeben, die bei entsprechenden Voraussetzungen, den Kriterien für die BK 2112

(Gonarthrose) entsprachen. Insgesamt 177 gaben nicht sicher zuzuordnende oder wechselnde berufliche Tätigkeiten an. Den größten Teil dieser Gruppe stellten die Produktionsarbeiter und die Hausfrauen.

Männer übten signifikant häufiger kniebelastende Tätigkeiten als Frauen aus, wenngleich der Anteil an nicht beurteilbaren Tätigkeiten (Hausfrauen) bei Frauen höher war. Die Häufigkeiten der Berufstätigkeiten in Beziehung zum Geschlecht sind in Abbildung 12 gezeigt.

Die Berufsgruppen mit einer kniebelastenden Tätigkeit mit BK-Kriterien 2112 und mit starker beruflicher Kniebelastung waren signifikant häufiger sportlich aktiv als Berufe mit geringerer beruflicher Kniebelastung (Tabelle 7).

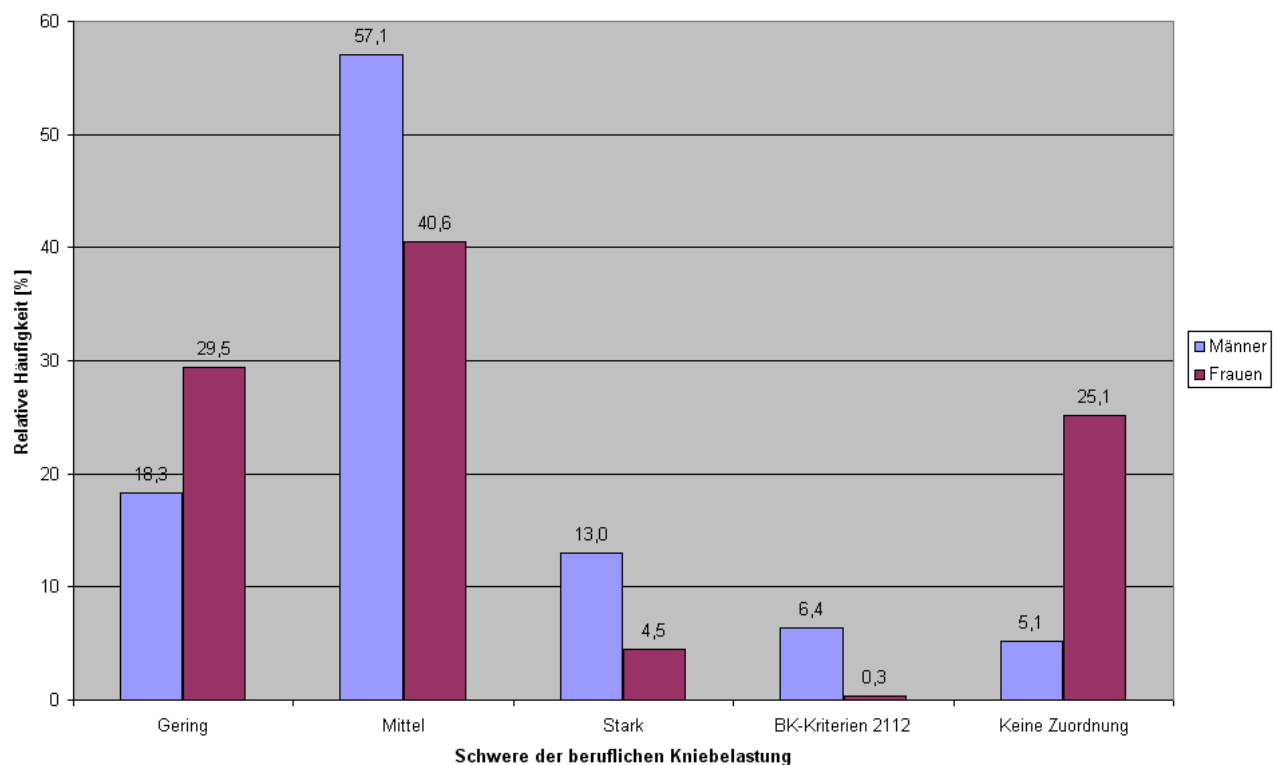


Abbildung 12: Relative Häufigkeiten verschiedener Berufstätigkeiten in Beziehung zum Geschlecht

*Tabelle 6: Relative Häufigkeiten der Berufsgruppen und Beurteilung der Schwere der beruflichen Kniebelastung*

	Gering	Mittel	Stark	BK-Kriterien 2112	Keine Zuordnung
Gruppen Code	1	2	3	4	5
Alten- und Krankenpflege	0	27	0	0	0
Angestellter Bürotätigkeit	148	0	0	0	0
Automobilwerker	0	35	0	0	0
Berufe mit hoher Kniebelastung gem. BK-Kriterien	0	0	0	42	0
Berufe mit hoher Kniebelastung ohne BK-Kriterien	0	0	39	0	0
Chemiearbeiter	0	3	0	0	0
Dienstleistung	0	60	0	0	0
Gastronomie	0	20	0	0	0
Handelsmitarbeiter	0	74	0	0	0
Handwerker sonst	0	40	0	0	0
Hausfrau	0	0	0	0	50
Hochschulberuf (Ing, Pfarrer, Arzt usw)	54	0	0	0	0
Industriemechaniker, Elektroniker	0	42	0	0	0
keine verwertbaren Angaben	0	0	0	0	20
Kfz-Schlosser	0	0	20	0	0
Kraftfahrer	0	52	0	0	0
Lagerarbeit	0	19	0	0	0
Landwirt, Forstwirt	0	0	48	0	0
Lebensmittelherstellung (Koch, Bäcker usw.)	0	44	0	0	0
Lehrer, Ausbilder	49	0	0	0	0
Metallfacharbeiter (CNC-Fräser usw)	0	138	0	0	0
ohne	0	0	0	0	7
Produktionsarbeiter mit wechselnder Tätigkeit	0	0	0	0	96
Qualitätskontrolle	0	19	0	0	0
Rentner, wechselnde Berufe	0	0	0	0	4
Schüler, Azubi, Student ohne bes. Kniebelastung	33	0	0	0	0
Staplerfahrer	0	4	0	0	0
Textilarbeiter	0	12	0	0	0
insgesamt	284	589	107	42	177

*Tabelle 7: Sportliche Betätigung (noch aktiv oder früher aktiv) bezüglich der beruflichen Kniebelastung*

	Gering	Mittel	Stark	BK-Kriterien 2112	Keine Zuordnung
Anzahl in den Gruppen insgesamt	284	589	107	42	177
Anzahl der sportlich Aktiven	36	116	29	15	21
sportliche Aktivität in %	12,7	19,7	27,1	35,7	11,9

### 5.3 Radiologische Befunde

Bei 90,6% (n=1086) der Patienten fanden sich in präoperativen Röntgenaufnahmen Zeichen einer unterschiedlich schweren Gonarthrose. Die Verteilung der unterschiedlichen Schweregrade der Gonarthrose ist in Abbildung 13 gelistet.

Ältere Frauen hatten signifikant ( $p=0,027$ ) häufiger und höhergradige Arthrosen als Männer (Abbildung 14). Der Schweregrad der Gonarthrose nahm mit zunehmendem Lebensalter signifikant zu.

Keine Korrelation bestand zwischen BMI und Schwere der Gonarthrose.

Bezüglich der beruflichen Belastung bestanden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,253$ ).

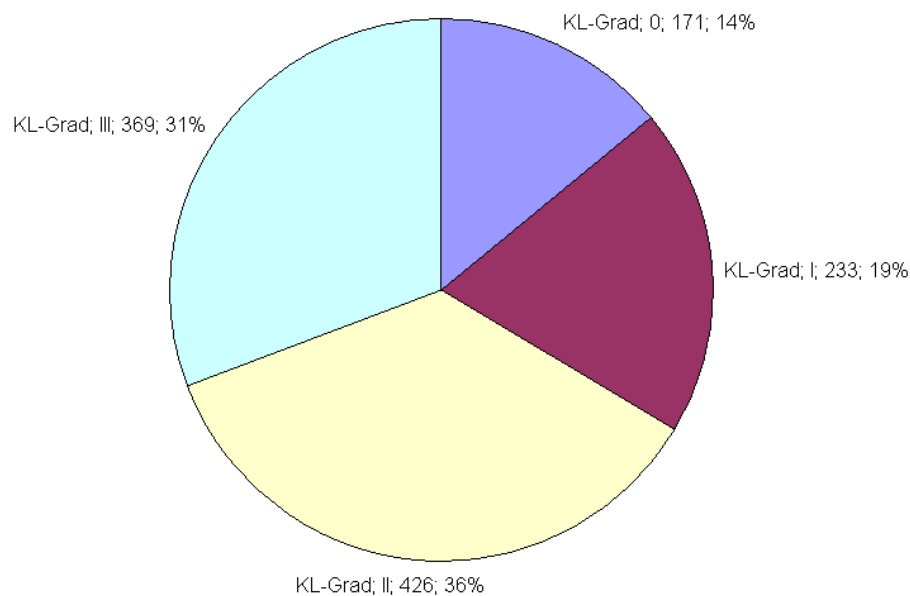


Abbildung 13: Häufigkeit der Schweregrade der Gonarthrose nach Kellgren-Lawrence

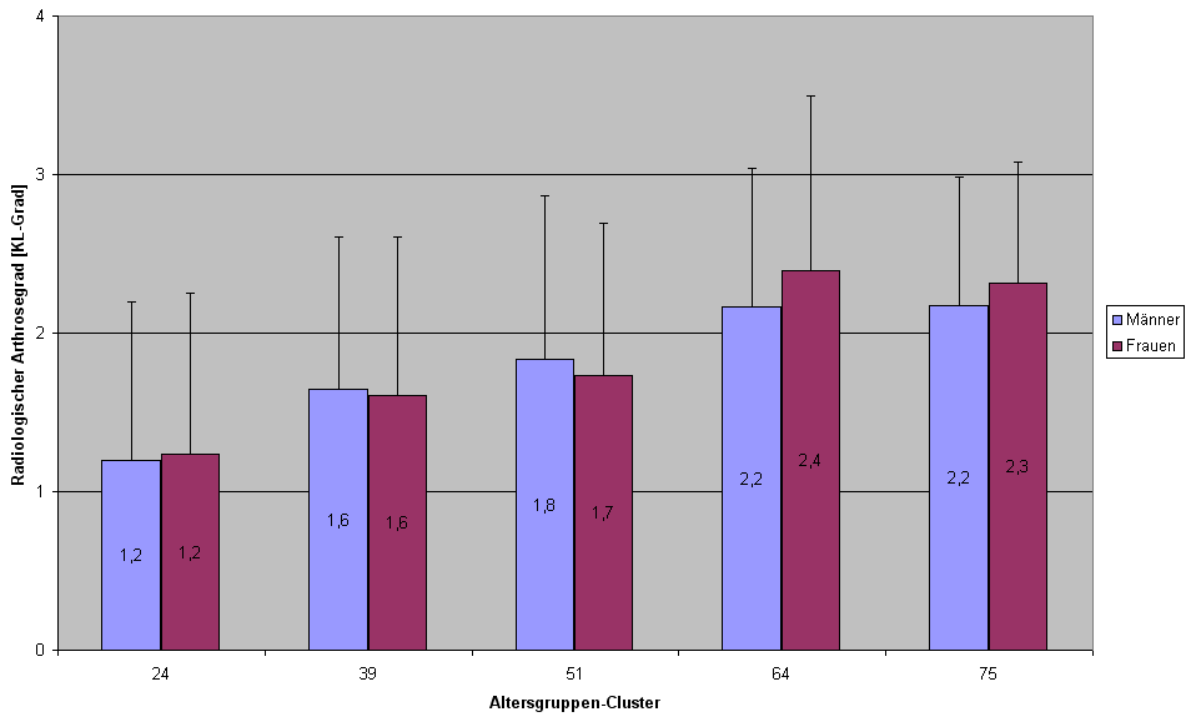


Abbildung 14: Schweregrad der Gonarthrose in Beziehung zu Alter und Geschlecht

Tabelle 8: Übersicht der Altersgruppen Cluster und durchschnittlichen Kellgren-Lawrence Grad

Berufliche Belastung	Altersgruppen [Clusterzentren]	Geschlecht	n	Mittelwert	SD
Niedrig	24	Männer	29	0,9	1,1
		Frauen	29	1,2	1,0
	39	Männer	25	1,5	1,1
		Frauen	26	1,7	1,1
	51	Männer	32	1,7	1,0
		Frauen	58	1,6	1,1
	64	Männer	18	2,2	0,8
		Frauen	37	2,6	0,6
	75	Männer	10	2,3	0,8
		Frauen	20	2,4	0,8
Berufliche Belastung	Altersgruppen [Clusterzentren]	Geschlecht	n	Mittelwert	SD
Mittel	24	Männer	46	1,4	1,0
		Frauen	24	1,5	1,1
	39	Männer	86	1,6	0,9
		Frauen	48	1,6	0,9
	51	Männer	124	1,9	1,0
		Frauen	71	1,8	1,1
	64	Männer	68	2,1	0,9
		Frauen	58	2,4	0,7
	75	Männer	31	2,1	0,8
		Frauen	33	2,2	0,8



Berufliche Belastung	Altersgruppen [Clusterzentren]	Geschlecht	n	Mittelwert	SD
<b>Hoch</b>	24	Männer	19	1,2	1,0
		Frauen	5	0,6	0,5
	39	Männer	20	1,7	0,9
		Frauen	1	1,0	
	51	Männer	17	1,5	1,1
		Frauen	8	1,9	1,1
	64	Männer	19	2,4	0,8
		Frauen	8	2,0	0,8
	75	Männer	6	2,3	1,0
		Frauen	4	1,8	1,0

Berufliche Belastung	Altersgruppen [Clusterzentren]	Geschlecht	n	Mittelwert	SD
<b>BK-Kriterien 2112</b>	24	Männer	11	0,7	0,8
		Frauen			
	39	Männer	10	2,2	0,9
		Frauen	2	2,5	0,7
	51	Männer	9	1,7	1,2
		Frauen			
	64	Männer	7	2,1	0,7
		Frauen			
	75	Männer	3	2,0	1,0
		Frauen			

Berufliche Belastung	Altersgruppen [Clusterzentren]	Geschlecht	n	Mittelwert	SD
<b>Keine Zuordnung</b>	24	Männer	6	1,8	0,8
		Frauen	9	1,0	0,9
	39	Männer	7	1,3	1,1
		Frauen	19	1,5	1,0
	51	Männer	15	1,7	1,2
		Frauen	56	1,8	1,1
	64	Männer	2	1,5	0,7
		Frauen	38	2,2	0,9
	75	Männer	2	3,0	0,0
		Frauen	23	2,5	0,7

## 5.4 Arthroskopische Befunde, Verteilung der Knorpelschäden und Osteophyten beim Gesamtkollektiv

Patienten mit Osteophyten waren mit 56,7 Jahren (SE=15,6J; min=18J; max=79J) signifikant ( $p=0,002$ ) älter als diejenigen ohne Osteophyten mit 49,5 Jahren (SE=15,1J; min=17J; max=85J). Osteophyten wurden signifikant häufiger bei einer drittgradigen radiologischen Gonarthrose beobachtet (Abbildung 15). Keine Unterschiede bezüglich der Häufigkeit von Osteophyten wurden zwischen Männern und Frauen beobachtet ( $p=0,193$ ), wenngleich die Häufigkeit bei Frauen mit 4,3% tendenziell höher als bei Männern mit 3,2% war. Insgesamt fanden sich bei 45 Patienten (3,8%) Osteophyten.

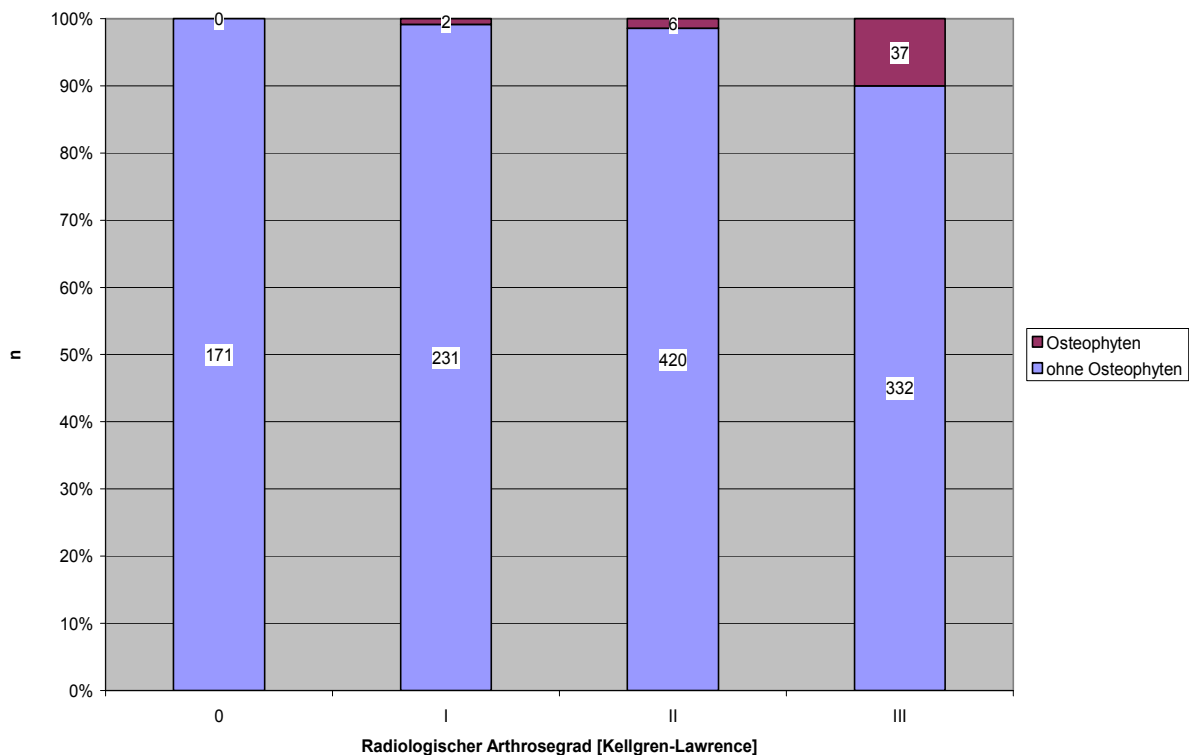


Abbildung 15: Häufigkeit von Osteophyten in Bezug auf das radiologische Arthrostadium

Patienten mit Osteophyten hatten einen signifikant ( $p<0,001$ ) niedrigeren KOOS ( $47,4\pm6,4$ ) als diejenigen ohne Osteophyten ( $68,1\pm26,2$ ). Auch in den Altersgruppen bestätigte sich dieser Trend (Abbildung 16).

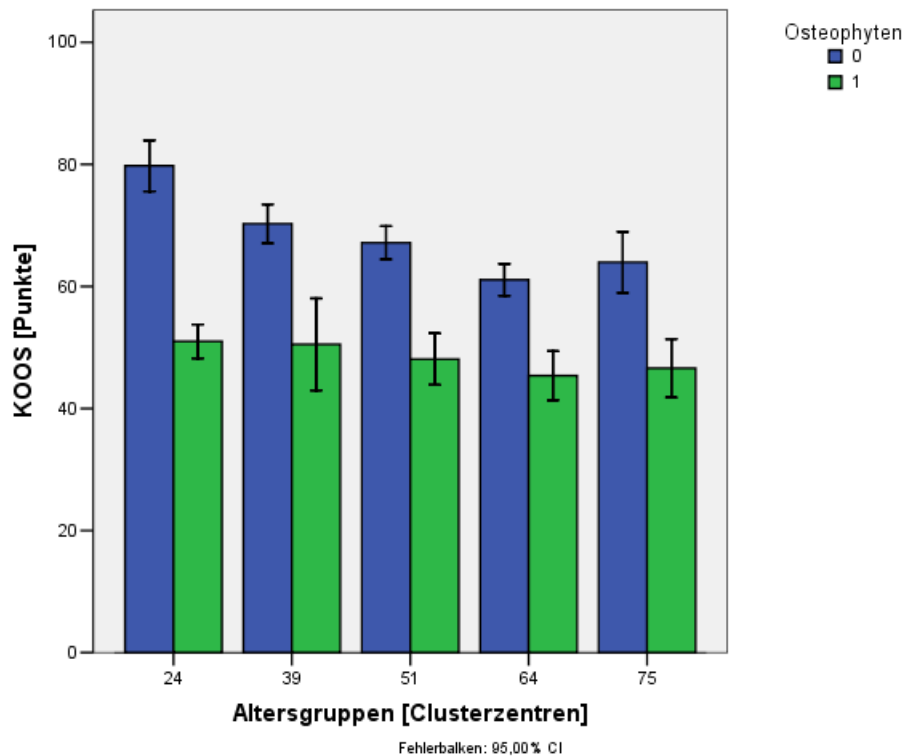


Abbildung 16: Altersgruppen und KOOS in Bezug auf das Auftreten von Osteophyten

Bei 53,3% der Gelenke fanden sich Knorpelschäden im medialen Drittel der Patella, in 59,0% im zentralen Teil und in 55,5% im lateralen Drittel. Bei 12 Patienten (1,0%) wurden Osteophyten an der Patella festgestellt (Abbildung 17).

Im Bereich der Trochlea wurden in der Hälfte der Fälle Knorpelschäden beobachtet, bei 19 Patienten lagen Osteophyten im Bereich der intercondylären Notch vor (Abbildung 18).

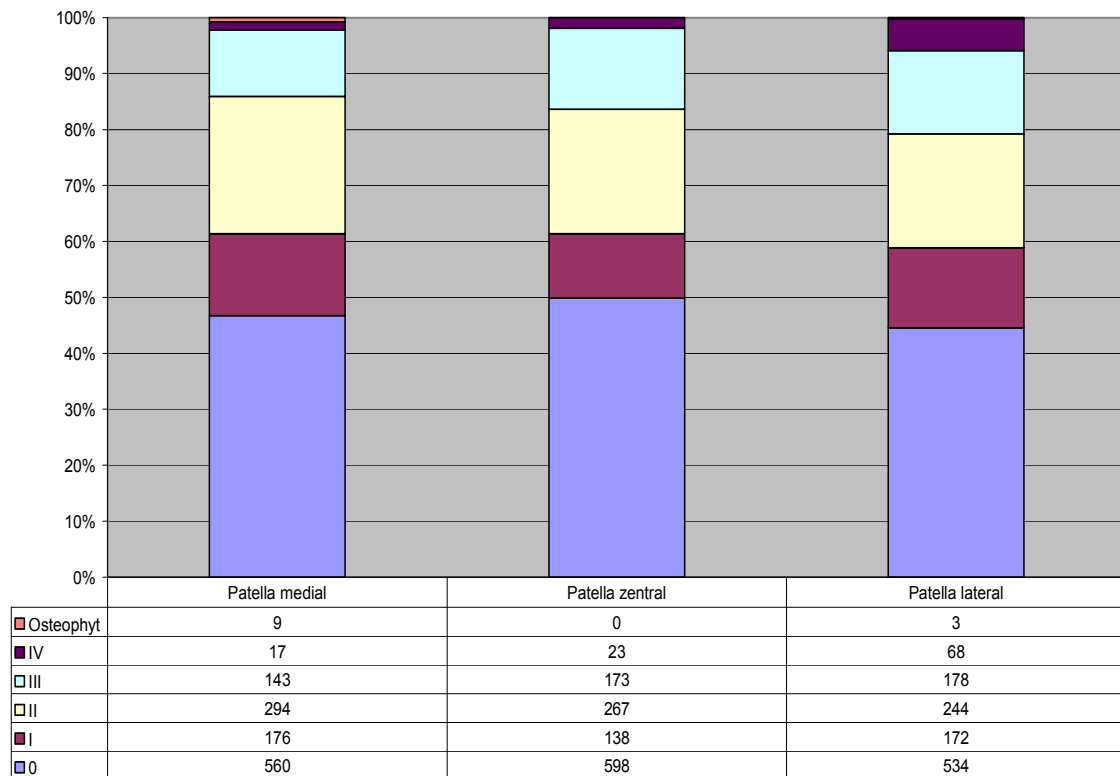


Abbildung 17: Häufigkeit der Knorpelschäden nach ICRS der Patella

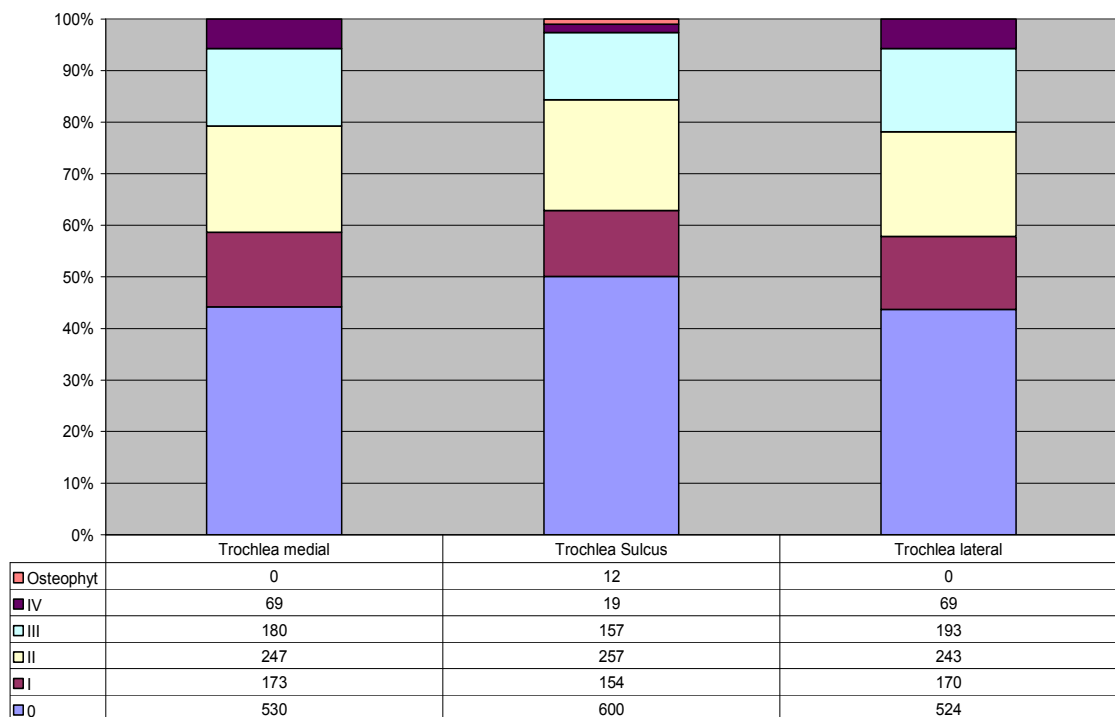


Abbildung 18: Häufigkeit der Knorpelschäden nach ICRS der Trochlea

Am häufigsten wurden schwere Knorpelschäden im Bereich der Belastungszone des medialen Femurkondylus (96,2%) festgestellt (Abbildung 19). Im lateralen Gelenkraum hingegen waren die Knorpelschäden seltener und leichter (Abbildung 20).

Bei 685 Patienten (57,1%) lag eine Rissbildung des Innenmeniskus und bei 162 (13,5%) Patienten eine Rissbildung des Außenmeniskus vor. Die Verteilung der Rissformen ist in den Abbildungen 21 und 22 gezeigt.

Bei 58 Patienten (4,8%) wurden freie Gelenkkörper entfernt. In 35 Gelenken war die Plica mediopatellaris hypertroph und wurde entfernt.

Der Innenmeniskus wurde 687mal (57,3%) partiell und 200mal subtotal (16,7%) reseziert. Bei 61 (5,1%) Patienten erfolgte die Refixation. Eine Außenmeniskusresektion war partiell 142mal (11,8%) und 42mal subtotal (3,5%) erforderlich. Bei 40 Patienten (3,3%) erfolgte eine Außenmeniskus-Refixation. Beim Knorpel erfolgte 389mal (32,4%) ein mechanisches Shaverdebridement, 29mal (2,4%) eine Abrasion und 24mal (2,0%) eine Mikrofrakturierung zur Ersatzknorpelinduktion. In 53 Fällen wurden drittgradige Knorpelschäden durch bipolare Thermochoondroplastie behandelt. Der durchschnittliche WOAKS betrug 16,6 Punkte (SE=13,7 Punkte; min=3 Punkte; max=64 Punkte).

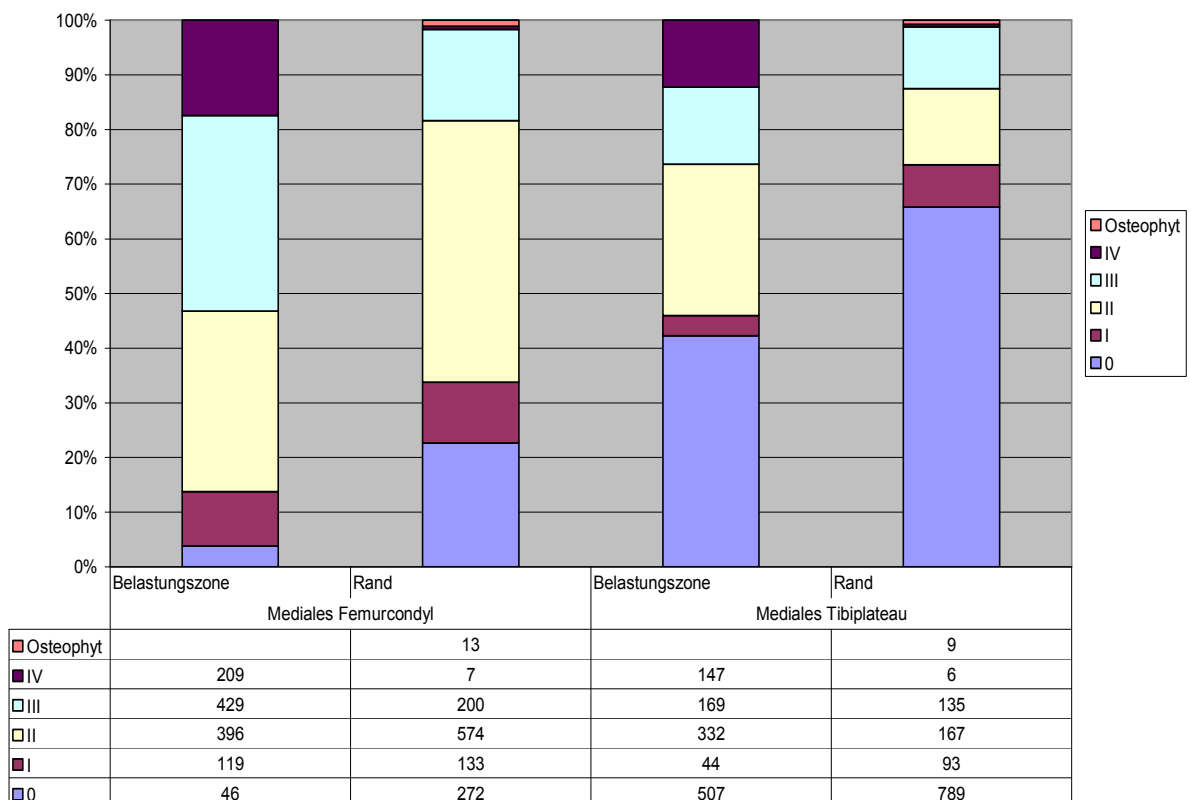


Abbildung 19: Häufigkeit der Knorpelschäden nach ICRS des medialen Gelenkkompartmentes

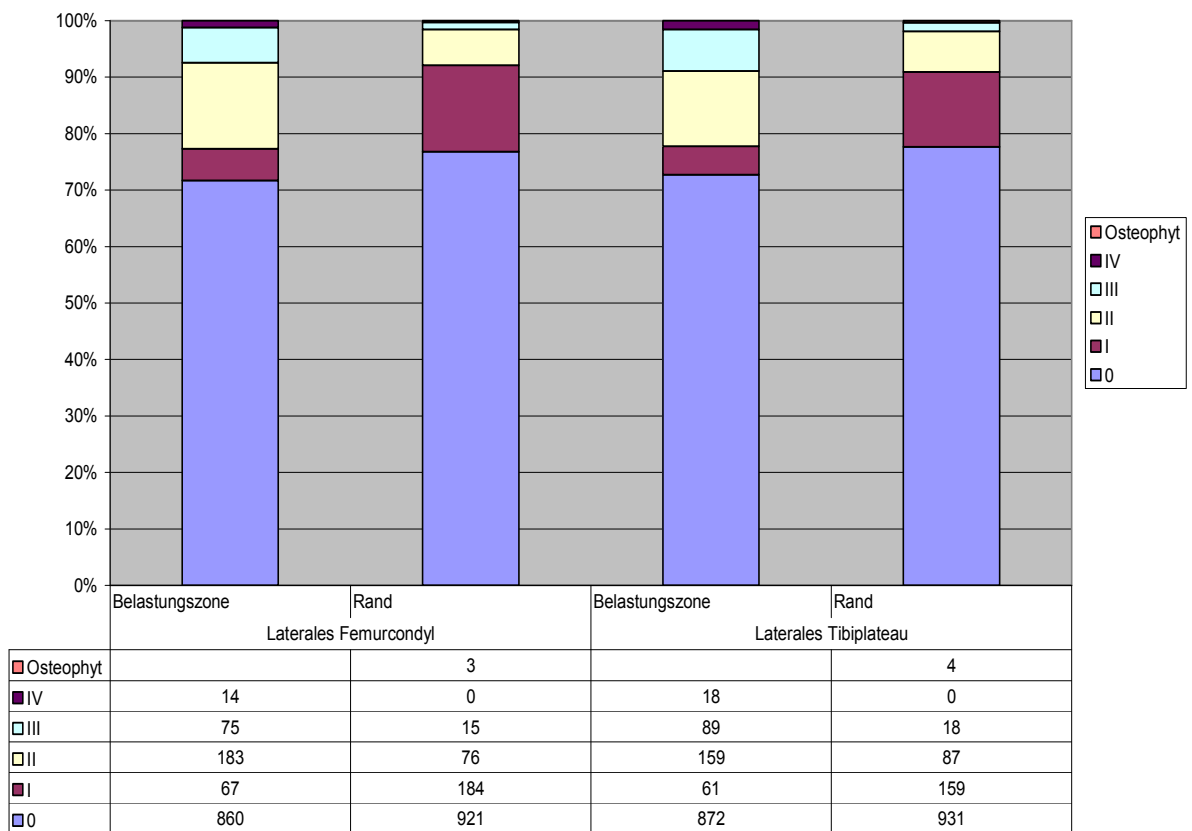


Abbildung 20: Häufigkeit der Knorpelschäden nach ICRS des lateralen Gelenkkompartmentes

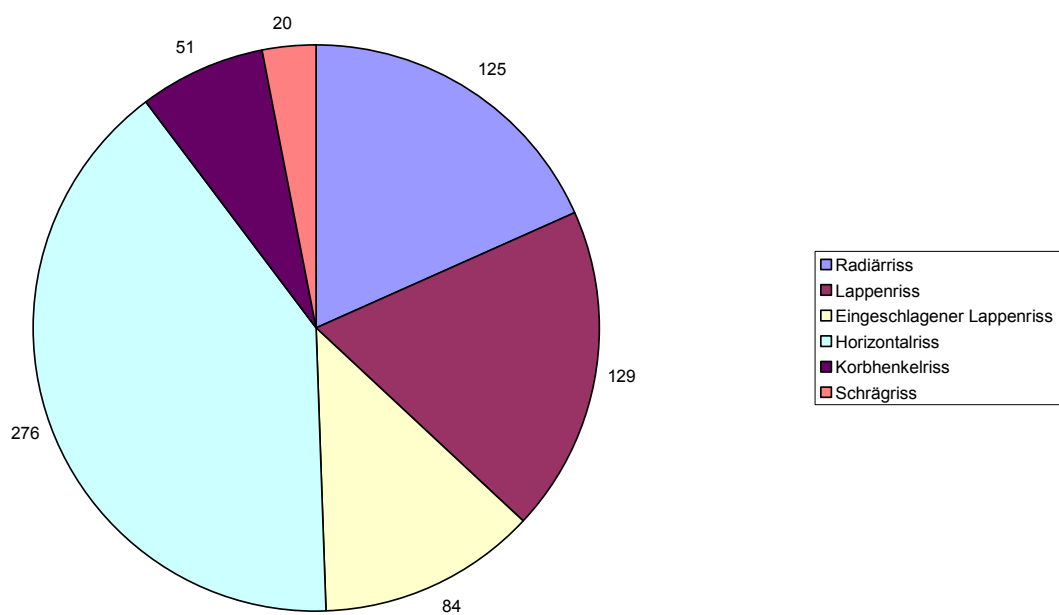


Abbildung 21: Verteilung der Rissformen des Innenmeniskus

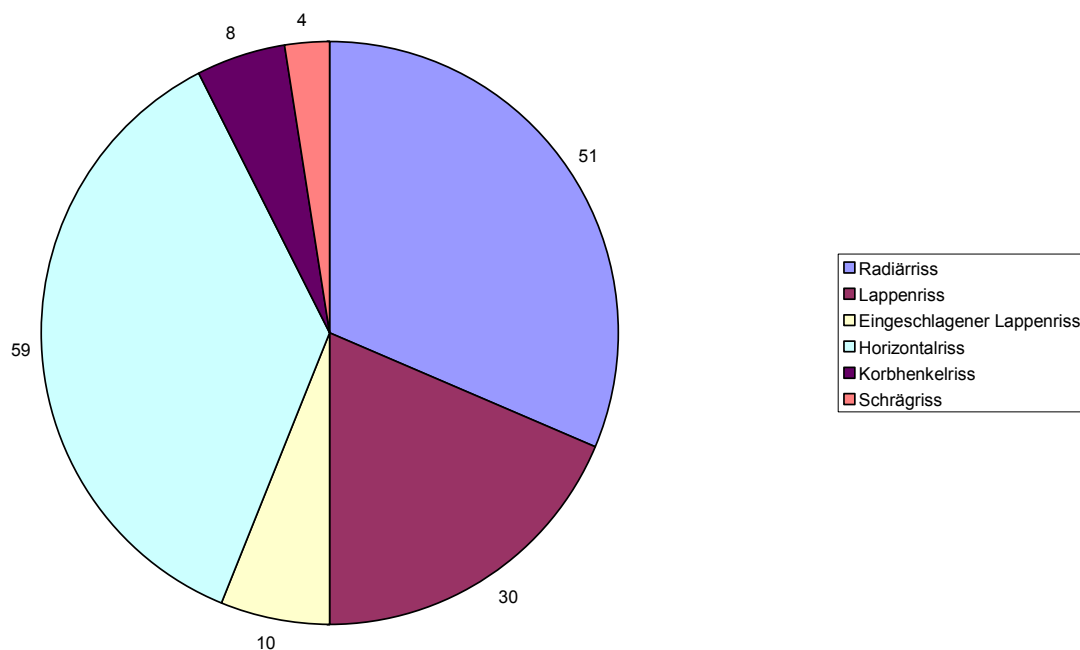


Abbildung 22: Verteilung der Rissformen des Außenmeniskus

## 5.5 Knorpelschaden in Beziehung zu Lebensalter und Geschlecht

Die Frequenz und der Schweregrad der Knorpelschäden stieg mit zunehmendem Lebensalter signifikant an ( $p < 0,05$ ). Des Weiteren hatten Frauen der Altersgruppen 64 und 75 signifikant schwerere Befunde als Männer im vergleichbaren Alter (Abbildung 23).

Der WOAKS korrelierte signifikant ( $R = 0,630$ ,  $p < 0,05$ ) mit den subjektiven Beschwerden der Patienten.

Ebenso fand sich eine signifikante ( $p < 0,05$ ) Zunahme des WOAKS bei steigenden radiologischen Arthrosegraden (Abbildung 24).

Dagegen fand sich nur eine schwache Korrelation von WOAKS und Dauer der Beschwerden ( $R = 0,303$ ,  $p < 0,05$ ).

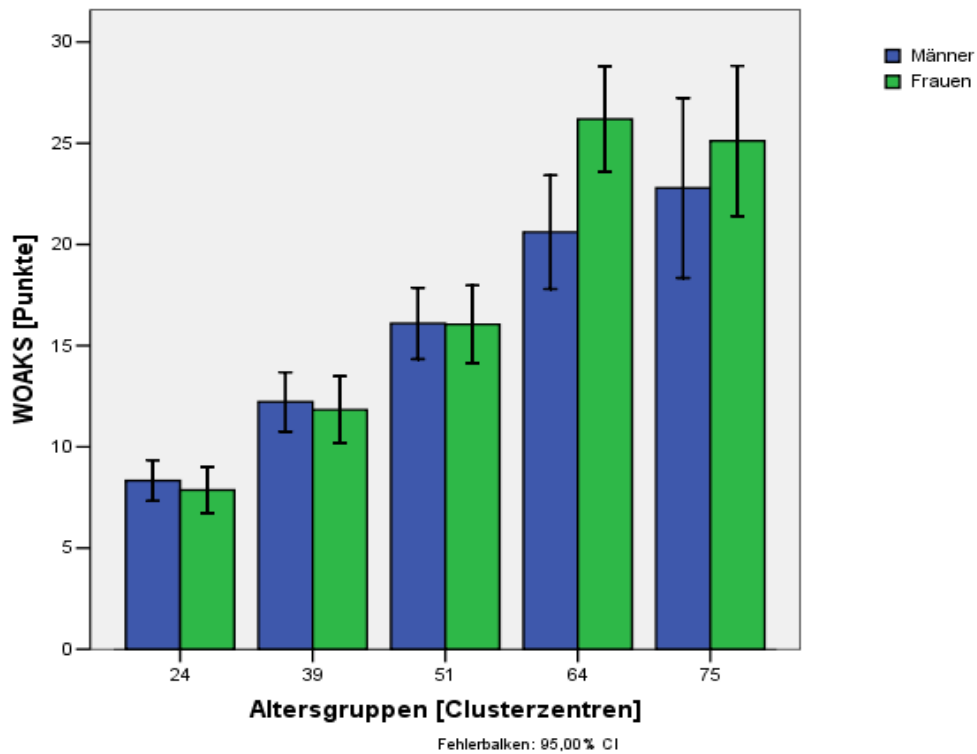


Abbildung 23: WOAKS als Gesamtscore für die Gelenkschädigung in Bezug auf Alter und Geschlecht

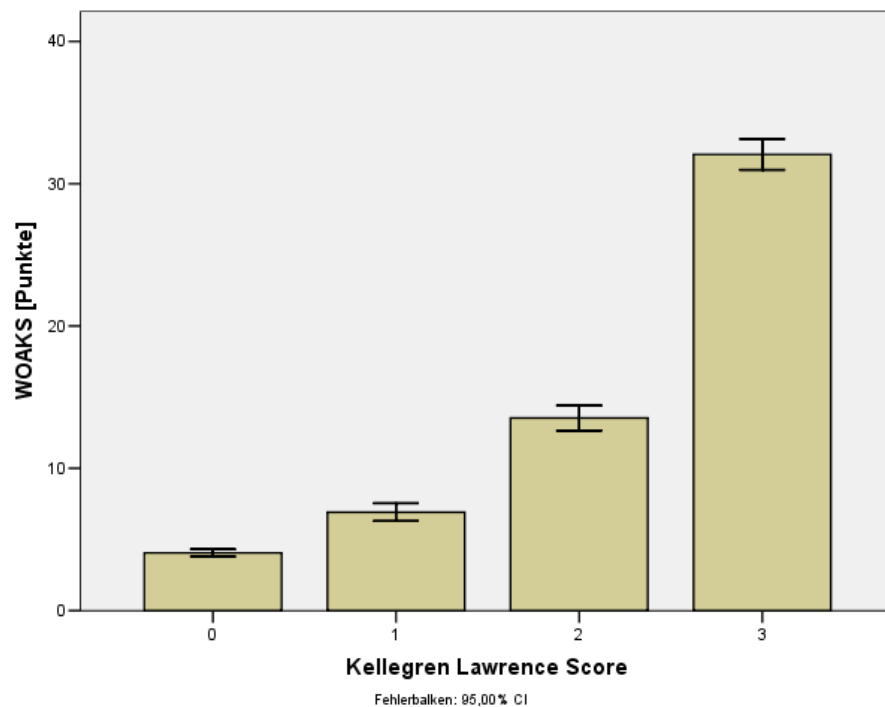


Abbildung 24: WOAKS als Gesamtscore für die Gelenkschädigung in Bezug auf das radiologische Arthrorestadium



## 5.6 Gelenkdegeneration (WOAKS) bei verschiedenen Berufsgruppen

Das Ausmaß der gesamten Gelenkdegeneration wurde durch den semiquantitativen Gelenkscore WOAKS bestimmt. Der durchschnittliche WOAKS ohne Alters- oder Geschlechtsadjustierung betrug 16,6 Punkte (SE=13,7). Einen tendenziell niedrigeren WOAKS mit 14,6 Punkten (SE=13,3) hatten dabei sogar Patienten mit Berufen gemäß den BK-Kriterien im Vergleich zu leichter beruflicher Tätigkeit mit einem WOAKS von 16,8 Punkten (SE=13,9) oder Patienten mit Berufstätigkeit, die nicht eindeutig zuzuordnen war mit 17,2 Punkten (SE=14,3) ( $p=0,593$ ). Der WOAKS der Gruppe mit starker körperlicher Belastung lag mit 15,1 Punkten unter dem Durchschnitt.

Die Patienten der *Altersgruppe 24* (Clustergruppe 1) mit mäßiger beruflicher Kniebelastung hatten einen signifikant ( $p=0,024$ ) höheren WOAKS-Score mit 8,4 Punkten (SE=1,9) im Vergleich zu den Patienten mit hoher Kniebelastung (5,8 Punkte; SE=2,5) und hoher Kniebelastung mit BK-Kriterien (5,6 Punkte; SE=2,6). Patienten mit geringer Kniebelastung (8,4 Punkte; SE=4,9) oder diejenigen, bei denen keine berufliche Zuordnung möglich war (7,8 Punkte; SE=5,6), zeigten ebenso einen geringeren Gelenkdegenerationsgrad.

In der *Altersgruppe 39* (Clustergruppe 2) fanden sich keine signifikanten Unterschiede im WOAKS ( $p=0,124$ ). Dieser betrug bei geringer Belastung 12,8 Punkte (SE=9,6), bei mäßiger Belastung 11,4 Punkte (SE=8,1), bei starker Belastung 13,4 Punkte (SE=9,6) und bei Patienten ohne mögliche Zuordnung 10,3 Punkte (SE=6,8). Tendenziell war er bei Patienten mit starker Belastung und BK-Kriterien mit 17,4 Punkten (SE=10,4) höher.

Bei den Patienten der *Altersgruppe 51* (Clustergruppe 3) fanden sich auch keine signifikanten Unterschiede im WOAKS ( $p=0,390$ ). Der Score betrug 15,1 Punkte (SE=12,9) bei leichter, 17,2 Punkte (SE=13,2) bei mittlerer und bei starker beruflicher Belastung der Kniegelenke 12,8 Punkte (SE=10,2). Bei Patienten mit positiven BK-Kriterien betrug der Score 13,2 Punkte (SE=12,8) und bei denjenigen ohne berufliche Zuordnung 15,6 Punkte (SE=13,3).

Bei den Patienten in *Altersgruppe 64* (Clustergruppe 4) hatten Patienten mit niedriger beruflicher Kniebelastung mit 26,7 Punkten (SE=14,8) tendenziell ( $p=0,520$ ) höhere Werte als Patienten mit mäßiger (23,2 Punkte; SE=15,7), starker (23,6 Punkte; SE=16,8) oder BK-relevanter Kniebelastung (21,1 Punkte; SE=16,9). Auch Patienten ohne mögliche Zuordnung unterschieden sich nicht innerhalb dieser Altersgruppe (21,2 Punkte; SE=15,6) im WOAKS.

In der *Altersgruppe 75* (Clustergruppe 5) hatten Patienten mit mäßiger (20,9 Punkte; SE=15,5), starker (23,7 Punkte; SE=19,6) oder BK-relevanter Kniebelastung (24,3 Punkte; SE=26,0) vergleichsweise niedrigere Werte im WOAKS ( $p=0,212$ ). Bei geringer Belastung betrug der

Score 28,3 Punkte (SE=15,9) und bei Patienten ohne mögliche berufliche Zuordnung wurde ein Score von 28,0 Punkte (SE=16,0) ermittelt.

Eine zusammenfassende graphische Darstellung zeigt Abbildung 25.

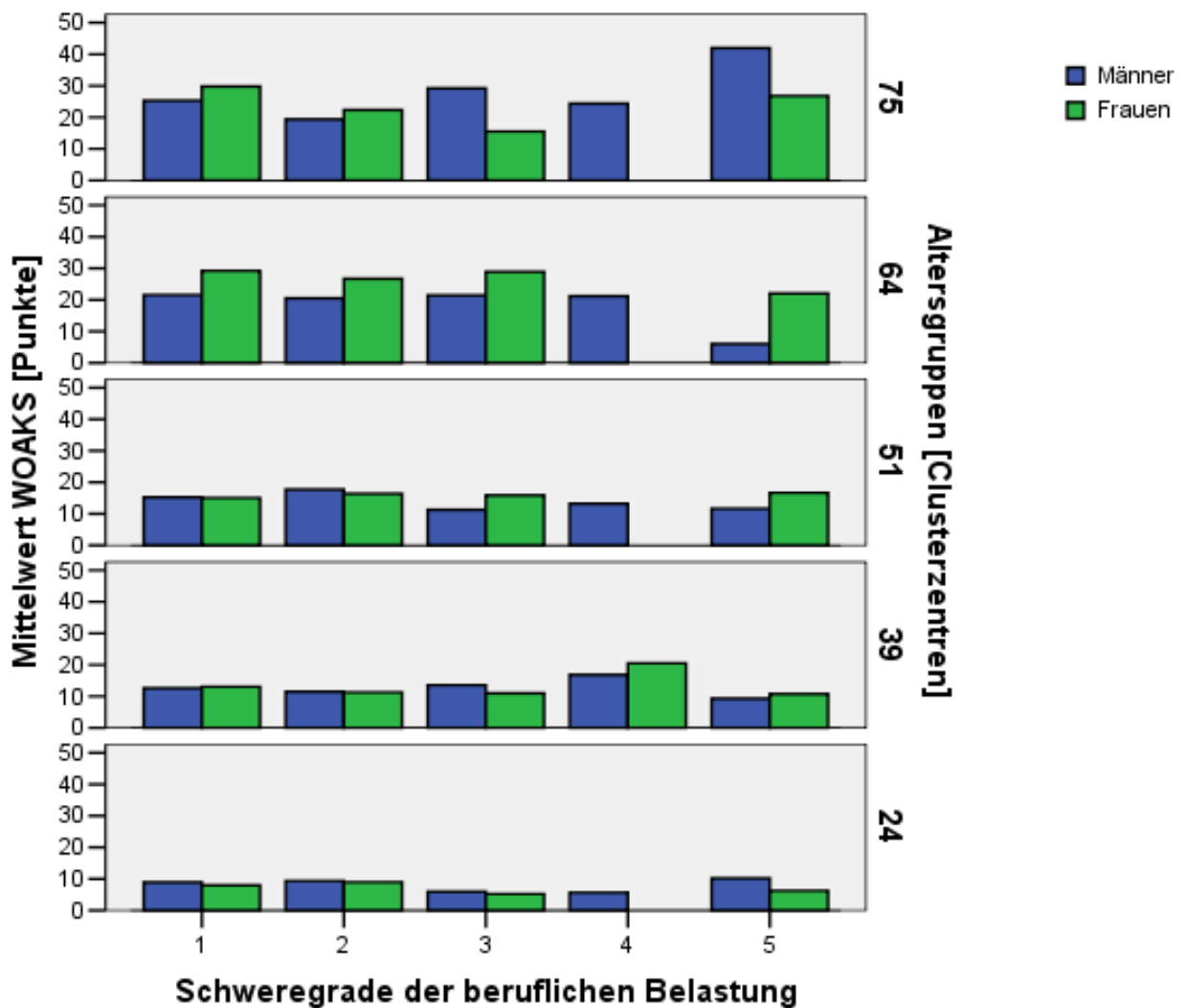


Abbildung 25: WOAKS in Beziehung zur Berufstätigkeit adjustiert nach Altersgruppen und Geschlecht

Bei den Schweregraden der beruflichen Kniebelastung wurde unterschieden zwischen:

- geringer Belastung (1),
- mäßiger Belastung (2),
- starker Belastung (3),
- starker Belastung und zutreffenden BK-Kriterien (4) und
- keine sichere Zuordnung möglich (5)

## 5.7 Knorpelschadensmuster (ICRS) bei verschiedenen Berufsgruppen

Die Häufigkeit chondraler Schäden erfolgte getrennt für alle Regionen und nach Altersgruppen. Dabei fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Patienten mit unterschiedlicher beruflicher Kniebelastung innerhalb der Altersgruppen. Die Häufigkeit der Knorpelschäden getrennt nach Regionen ist in den Tabellen 9 bis 22 gelistet. Auch bei zusätzlicher geschlechtsadjustierter Auswertung wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Verteilung der Knorpelschäden innerhalb der Altersgruppen gefunden. Gleiches traf für Sport oder Adipositas zu.

Die Häufigkeit von Osteophyten in Bezug auf die berufliche Belastung zeigt Abbildung 26. Auch hier wurden keine signifikanten ( $p=0,968$ ) Unterschiede gefunden.

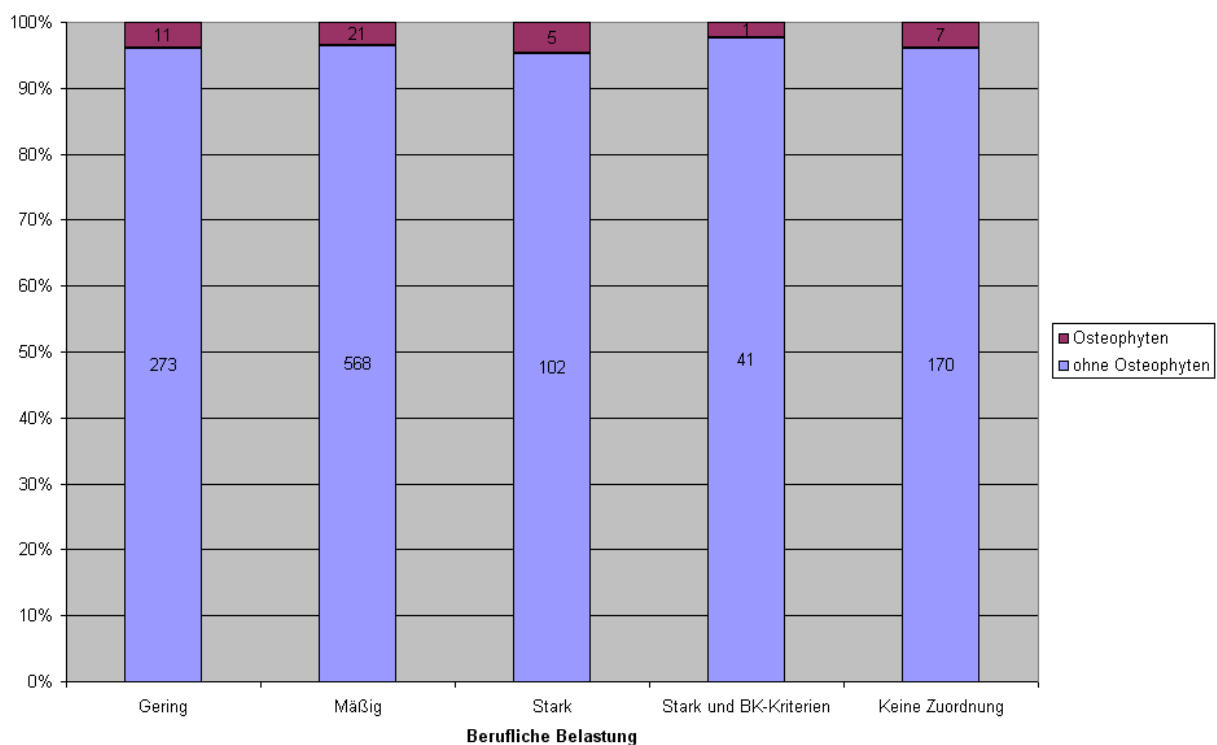


Abbildung 26: Häufigkeit von Osteophyten in Bezug auf die Berufstätigkeit

Tabelle 9: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Patella medial

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	32	37	18	9	13	0,424
	I	11	15	5	1	0	
	II	7	10	0	1	1	
	III	7	8	1	0	1	
	IV	1	0	0	0	0	
	Osteophyt	0	0	0	0	0	
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	27	80	12	5	15	0,126
	I	8	29	1	1	5	
	II	12	18	6	3	2	
	III	4	5	1	3	3	
	IV	0	2	1	0	1	
	Osteophyt	0	0	0	0	0	
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	51	91	13	6	36	0,242
	I	10	27	7	1	9	
	II	24	49	4	2	20	
	III	3	24	1	0	5	
	IV	0	4	0	0	1	
	Osteophyt	2	0	0	0	0	
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	16	40	12	3	16	0,701
	I	7	10	3	0	0	
	II	18	48	5	3	15	
	III	12	23	6	1	9	
	IV	0	2	1	0	0	
	Osteophyt	2	3	0	0	0	
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	7	13	4	1	3	0,045
	I	3	17	1	1	4	
	II	9	22	4	0	11	
	III	10	9	0	0	7	
	IV	1	2	0	1	0	
	Osteophyt	0	1	1	0	0	

Tabelle 10: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Patella zentral

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	33	38	20	9	13	0,352
	I	11	17	3	2	1	
	II	10	9	1	0	0	
	III	4	5	0	0	1	
	IV	0	1	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	27	79	12	5	15	0,216
	I	7	24	2	0	5	
	II	14	22	5	4	5	
	III	3	6	1	3	0	
	IV	0	3	1	0	1	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	53	93	13	6	37	0,460
	I	10	24	2	1	6	
	II	21	48	10	2	21	
	III	4	27	0	0	6	
	IV	2	3	0	0	1	
	Osteophyt						
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	17	46	12	3	19	0,930
	I	3	9	2	0	1	
	II	16	37	5	1	9	
	III	18	31	7	3	11	
	IV	1	3	1	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	8	27	5	1	7	0,276
	I	2	4	0	0	2	
	II	4	15	2	1	5	
	III	15	15	2	0	11	
	IV	1	3	1	1	0	
	Osteophyt						

Tabelle 11: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Patella lateral

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	29	37	19	9	10	0,588
	I	17	20	4	2	5	
	II	10	12	1	0	0	
	III	1	0	0	0	0	
	IV	0	1	0	0	0	
	Osteophyt	1	0	0	0	0	
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	25	63	12	4	16	0,003
	I	12	37	2	3	2	
	II	11	29	5	1	8	
	III	2	3	2	4	0	
	IV	1	2	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	42	85	13	6	34	0,814
	I	12	22	3	0	12	
	II	21	43	8	2	12	
	III	11	36	1	1	8	
	IV	4	8	0	0	4	
	Osteophyt	0	1	0	0	1	
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	11	42	8	3	18	0,323
	I	4	5	5	0	2	
	II	13	31	4	1	6	
	III	17	32	6	2	11	
	IV	10	16	4	1	3	
	Osteophyt						
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	6	29	5	1	7	0,058
	I	3	0	0	0	0	
	II	4	15	0	1	6	
	III	14	15	4	0	8	
	IV	3	5	1	1	4	
	Osteophyt						

Tabelle 12: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Trochlea medial

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	29	37	19	9	10	0,446
	I	18	20	4	2	5	
	II	10	12	1	0	0	
	III	1	0	0	0	0	
	IV	0	1	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	25	63	12	4	16	0,003
	I	12	37	2	3	2	
	II	11	29	5	1	8	
	III	2	3	2	4	0	
	IV	1	2	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	43	82	13	5	33	0,738
	I	10	22	3	1	13	
	II	22	45	8	2	12	
	III	11	37	1	1	9	
	IV	4	9	0	0	4	
	Osteophyt						
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	11	42	8	3	18	0,399
	I	4	5	5	0	2	
	II	13	31	4	1	6	
	III	17	32	6	2	11	
	IV	10	16	4	1	3	
	Osteophyt						
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	6	29	5	1	7	0,006
	I	3	0	0	0	0	
	II	4	15	0	1	6	
	III	14	15	4	0	8	
	IV	3	5	1	1	4	
	Osteophyt						

Tabelle 13: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Trochlea Sulcus

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	36	41	21	10	13	0,353
	I	11	15	3	1	1	
	II	9	10	0	0	0	
	III	2	3	0	0	1	
	IV	0	0	0	0	0	
	Osteophyt	0	1	0	0	0	
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	26	76	10	6	16	0,706
	I	11	28	3	1	5	
	II	12	21	6	4	3	
	III	1	6	0	1	1	
	IV	1	3	2	0	1	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	54	92	13	6	37	0,405
	I	7	28	6	1	9	
	II	24	43	5	2	18	
	III	3	28	1	0	5	
	IV	2	2	0	0	1	
	Osteophyt	0	2	0	0	1	
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	15	46	12	3	19	0,454
	I	6	9	3	0	1	
	II	11	37	3	3	11	
	III	21	29	8	1	9	
	IV	0	2	1	0	0	
	Osteophyt	2	3	0	0	0	
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	6	29	5	1	7	0,002
	I	2	2	0	1	0	
	II	6	19	2	0	8	
	III	15	10	2	0	10	
	IV	1	2	1	0	0	
	Osteophyt	0	2	0	1	0	



Tabelle 14: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Trochlea lateralis

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	29	34	18	8	9	0,550
	I	17	18	4	2	5	
	II	10	12	1	0	0	
	III	2	5	1	1	1	
	IV	0	1	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	24	62	11	3	16	0,001
	I	12	37	2	3	2	
	II	10	29	5	1	8	
	III	4	4	3	5	0	
	IV	1	2	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	42	85	13	6	34	0,739
	I	12	22	3	0	12	
	II	21	43	8	2	12	
	III	11	36	1	1	9	
	IV	4	9	0	0	4	
	Osteophyt						
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	11	42	8	3	18	0,323
	I	4	5	5	0	2	
	II	13	31	4	1	6	
	III	17	32	6	2	11	
	IV	10	16	4	1	3	
	Osteophyt						
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	6	29	5	1	7	0,078
	I	3	0	0	0	0	
	II	4	15	0	1	6	
	III	14	15	4	0	8	
	IV	3	5	1	1	4	
	Osteophyt						

Tabelle 15: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Belastungszone mediale Femurkondyle (MFC Bel.)

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	13	13	3	1	2	0,748
	I	15	14	5	2	4	
	II	15	21	11	7	6	
	III	14	19	5	1	3	
	IV	1	3	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	2	3	1	1	2	,0550
	I	8	27	2	1	3	
	II	17	47	9	4	13	
	III	24	53	7	5	7	
	IV	0	4	2	1	1	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	0	0	0	0	2	0,150
	I	5	10	2	0	7	
	II	32	69	6	6	23	
	III	38	84	15	1	25	
	IV	15	32	2	2	14	
	Osteophyt						
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0						0,283
	I	2	5	3	0	1	
	II	14	40	8	3	15	
	III	18	46	3	2	9	
	IV	21	35	13	2	15	
	Osteophyt						
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	1	1	0	0	1	0,121
	I	1	1	0	1	0	
	II	6	18	3	1	2	
	III	9	26	3	0	12	
	IV	13	18	4	1	10	
	Osteophyt	13	13	3	1	2	

Tabelle 16: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Rand mediale Femurkondyle (MFC Rand)

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	36	35	11	5	7	0,900
	I	7	8	2	1	1	
	II	14	24	11	5	7	
	III	0	1	0	0	0	
	IV	1	0	0	0	0	
	Osteophyt	0	2	0	0	0	
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	14	41	4	3	6	0,001
	I	7	18	4	3	9	
	II	30	71	11	5	10	
	III	0	3	0	0	1	
	IV	0	0	0	1	0	
	Osteophyt	0	1	2	0	0	
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	20	32	8	1	22	0,331
	I	12	19	0	0	7	
	II	42	112	15	6	28	
	III	15	31	2	2	14	
	IV	1	0	0	0	0	
	Osteophyt	0	1	0	0	0	
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	4	9	4	0	1	0,551
	I	6	14	2	0	2	
	II	24	68	8	5	22	
	III	21	32	12	2	13	
	IV	0	2	0	0	1	
	Osteophyt	0	1	1	0	1	
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	3	4	0	1	1	0,775
	I	1	9	0	0	1	
	II	12	28	4	1	11	
	III	12	21	6	1	11	
	IV	0	1	0	0	0	
	Osteophyt	2	1	0	0	1	

Tabelle 17: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Belastungszone mediale Tibia (Tmed Bel.)

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	33	39	17	8	9	0,685
	I	9	3	1	1	1	
	II	15	27	6	2	5	
	III	1	0	0	0	0	
	IV	0	1	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	20	56	12	5	14	0,444
	I	3	11	0	1	1	
	II	24	59	6	4	10	
	III	2	6	2	2	0	
	IV	2	2	1	0	1	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	42	76	12	6	31	0,847
	I	1	5	0	0	0	
	II	24	61	8	0	22	
	III	13	29	2	1	9	
	IV	10	24	3	2	9	
	Osteophyt						
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	12	37	7	3	17	0,750
	I	2	3	0	0	0	
	II	8	27	5	0	5	
	III	20	36	8	3	11	
	IV	13	23	7	1	7	
	Osteophyt						
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	9	28	5	1	8	0,643
	I	1	1	0	0	0	
	II	2	9	0	1	2	
	III	8	11	0	0	5	
	IV	10	15	5	1	10	
	Osteophyt						

Tabelle 18: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Rand mediale Tibia (Tmed Rand)

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	54	64	22	11	13	0,927
	I	3	5	2	0	2	
	II	1	0	0	0	0	
	III						
	IV						
	Osteophyt	0	1	0	0	0	
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	41	109	16	8	23	0,815
	I	5	17	2	2	2	
	II	3	6	2	2	0	
	III	1	1	1	0	1	
	IV						
	Osteophyt	1	1	0	0	0	
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	62	121	19	6	47	0,880
	I	5	21	1	0	6	
	II	12	29	2	1	9	
	III	9	24	3	2	8	
	IV	1	0	0	0	0	
	Osteophyt	1	0	0	0	1	
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	18	59	11	3	19	0,916
	I	4	8	1	0	3	
	II	19	36	8	3	11	
	III	13	20	6	1	7	
	IV	1	2	0	0	0	
	Osteophyt	0	1	1	0	0	
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	12	35	5	2	9	0,734
	I	0	3	0	0	1	
	II	7	11	0	0	5	
	III	10	13	5	1	9	
	IV	0	2	0	0	0	
	Osteophyt	1	0	0	0	1	

Tabelle 19: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Belastungszone laterale Femurkondyle (LFC Bel.)

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	53	65	22	11	13	0,351
	I	4	4	1	0	1	
	II	1	1	1	0	0	
	III						
	IV	0	0	0	0	1	
	Osteophyt						
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	41	113	16	8	25	0,711
	I	2	10	2	0	0	
	II	6	8	3	4	1	
	III	1	1	0	0	0	
	IV	1	2	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	70	138	21	6	51	0,563
	I	4	11	2	2	8	
	II	10	33	2	1	8	
	III	4	11	0	0	2	
	IV	2	2	0	0	2	
	Osteophyt						
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	24	72	13	5	22	0,886
	I	4	3	1	0	3	
	II	16	34	9	1	10	
	III	9	15	4	1	5	
	IV	2	2	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	11	41	6	2	11	0,465
	I	1	2	0	0	2	
	II	12	14	2	0	6	
	III	6	7	2	1	6	
	IV						
	Osteophyt						

Tabelle 20: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Rand laterale Femurkondyle (LFC Rand)

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	57	68	23	11	13	0,128
	I	1	2	1	0	1	
	II	0	0	0	0	1	
	III						
	IV						
	Osteophyt						
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	43	120	18	8	25	0,254
	I	4	11	3	4	1	
	II	3	1	0	0	0	
	III	1	1	0	0	0	
	IV						
	Osteophyt	0	1	0	0	0	
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	74	149	23	8	58	0,810
	I	10	32	2	1	9	
	II	4	11	0	0	2	
	III	2	3	0	0	1	
	IV						
	Osteophyt	0	0	0	0	1	
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	28	75	14	5	25	0,833
	I	16	34	9	1	10	
	II	8	15	4	1	5	
	III	3	1	0	0	0	
	IV						
	Osteophyt	0	1	0	0	0	
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	12	43	6	2	13	0,578
	I	10	14	2	0	6	
	II	7	7	2	1	5	
	III	1	0	0	0	1	
	IV						
	Osteophyt						

Tabelle 21: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Belastungszone laterale Tibia (Tlat Bel.)

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	53	65	23	10	12	0,636
	I	4	3	1	1	1	
	II	0	1	0	0	1	
	III	0	1	0	0	1	
	IV	1	0	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	41	115	17	8	24	0,252
	I	2	8	1	0	0	
	II	7	7	3	3	1	
	III	0	4	0	1	1	
	IV	1	0	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	70	142	21	6	50	0,769
	I	4	8	1	2	6	
	II	9	29	2	1	11	
	III	6	14	1	0	4	
	IV	1	2	0	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	26	71	15	5	23	0,922
	I	4	8	1	1	4	
	II	14	22	6	0	9	
	III	9	18	4	1	4	
	IV	2	7	1	0	0	
	Osteophyt						
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	13	42	6	2	12	0,218
	I	0	0	0	0	1	
	II	12	14	1	0	6	
	III	5	5	3	1	6	
	IV	0	3	0	0	0	
	Osteophyt						



Tabelle 22: Verteilungsmuster der Knorpelschäden Rand laterale Tibia (Tlat Rand)

Berufliche Belastung							
Altersgruppe	ICRS Grad	Gering	Mittel	Stark	BK-- Kriterien	keine Zuordnung	p
<b>n</b>		58	70	24	11	15	
<b>24</b> (n = 178)	0	57	68	24	11	13	0,392
	I	0	1	0	0	1	
	II	0	1	0	0	1	
	III						
	IV						
	Osteophyt	1	0	0	0	0	
<b>n</b>		51	134	21	12	26	
<b>39</b> (n = 244)	0	43	123	18	8	24	0,256
	I	6	7	3	3	1	
	II	1	4	0	1	1	
	III	1	0	0	0	0	
	IV						
	Osteophyt						
<b>n</b>		90	195	25	9	71	
<b>51</b> (n = 390)	0	73	150	22	8	56	0,986
	I	10	29	2	1	10	
	II	6	14	1	0	5	
	III	1	2	0	0	0	
	IV						
	Osteophyt						
<b>n</b>		55	126	27	7	40	
<b>64</b> (n = 255)	0	30	79	15	6	27	0,885
	I	14	22	7	0	9	
	II	9	17	4	1	4	
	III	2	6	1	0	0	
	IV						
	Osteophyt	0	2	0	0	0	
<b>n</b>		30	64	10	3	25	
<b>75</b> (n = 132)	0	13	42	6	2	13	0,854
	I	12	14	1	0	6	
	II	3	5	3	1	5	
	III	2	2	0	0	1	
	IV						
	Osteophyt	0	1	0	0	0	

## 5.8 Evaluation und Knorpelschaden adjustiert nach Körpergewicht

Der durchschnittliche BMI betrug  $28,7 \text{ kg/m}^2$  ( $\text{SE}=4,4$ ).

Die Klassifikation von Normalgewicht, Übergewicht und Adipositas wurde gemäß den WHO-Kriterien vorgenommen. Die Verteilung der Körpergewichtsklassen zeigt Abbildung 27.

Das Verhältnis von Normal-, Übergewicht und Adipositas (Abbildung 28) war in allen Altersgruppen ohne Signifikanz ( $p=0,874$ ). Der durchschnittliche BMI war bei Frauen mit  $29,7 \text{ kg/m}^2$  ( $\text{SE}=4,7$ ) signifikant ( $p<0,001$ ) höher als bei Männern mit  $27,7 \text{ kg/m}^2$  ( $\text{SE}=3,8$ ). Daraus ergab sich, dass Frauen signifikant häufiger an Übergewicht, vor allem jedoch an Adipositas litten (Abbildung 29).

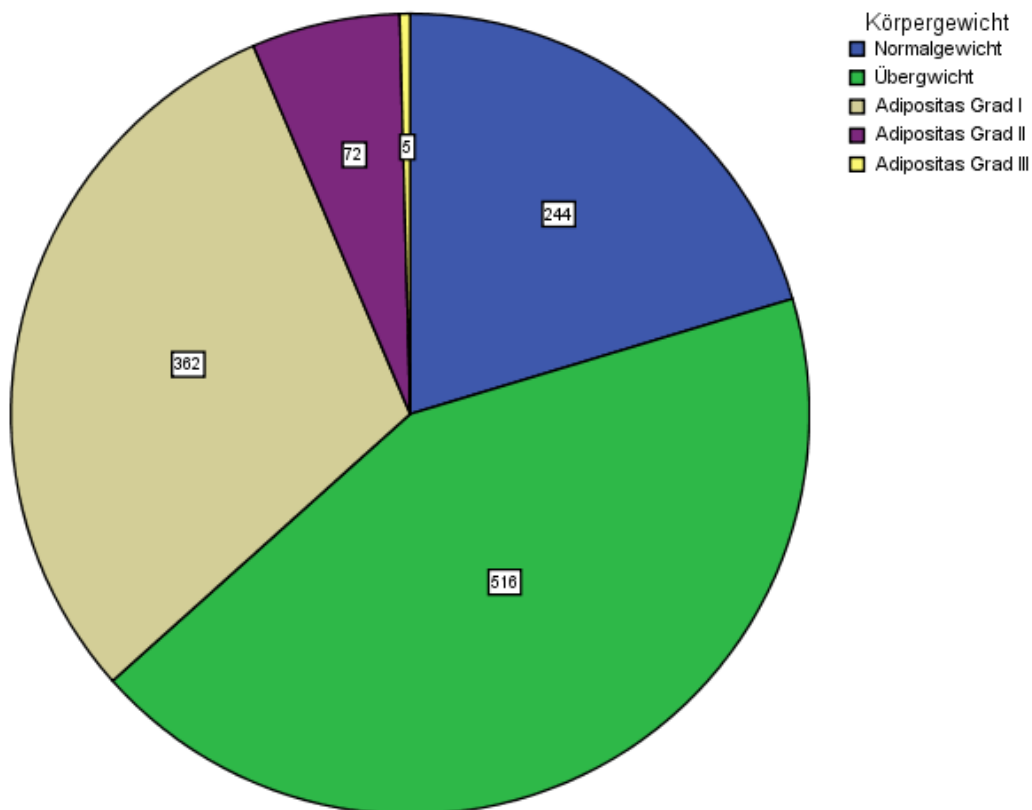


Abbildung 27: Verhältnis von Normal- zu Übergewicht

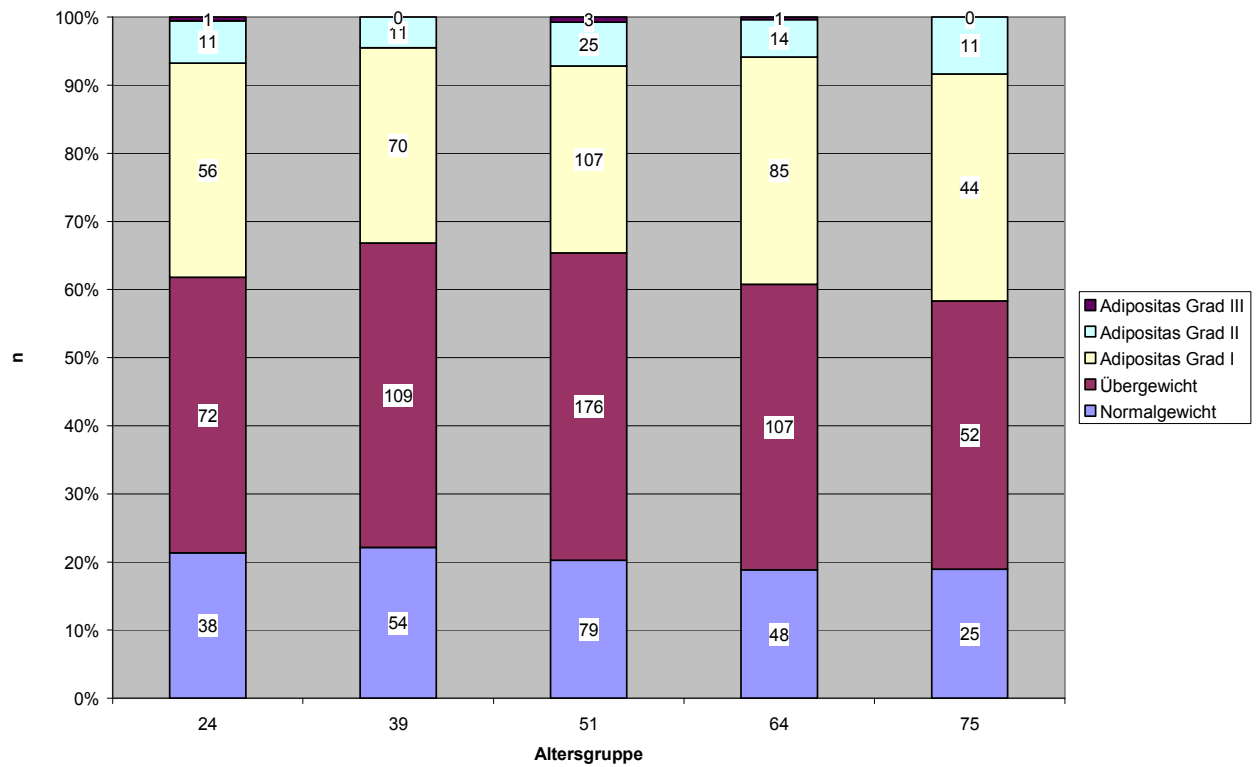


Abbildung 28: Verhältnis von Normal- zu Übergewicht innerhalb der Altersgruppen

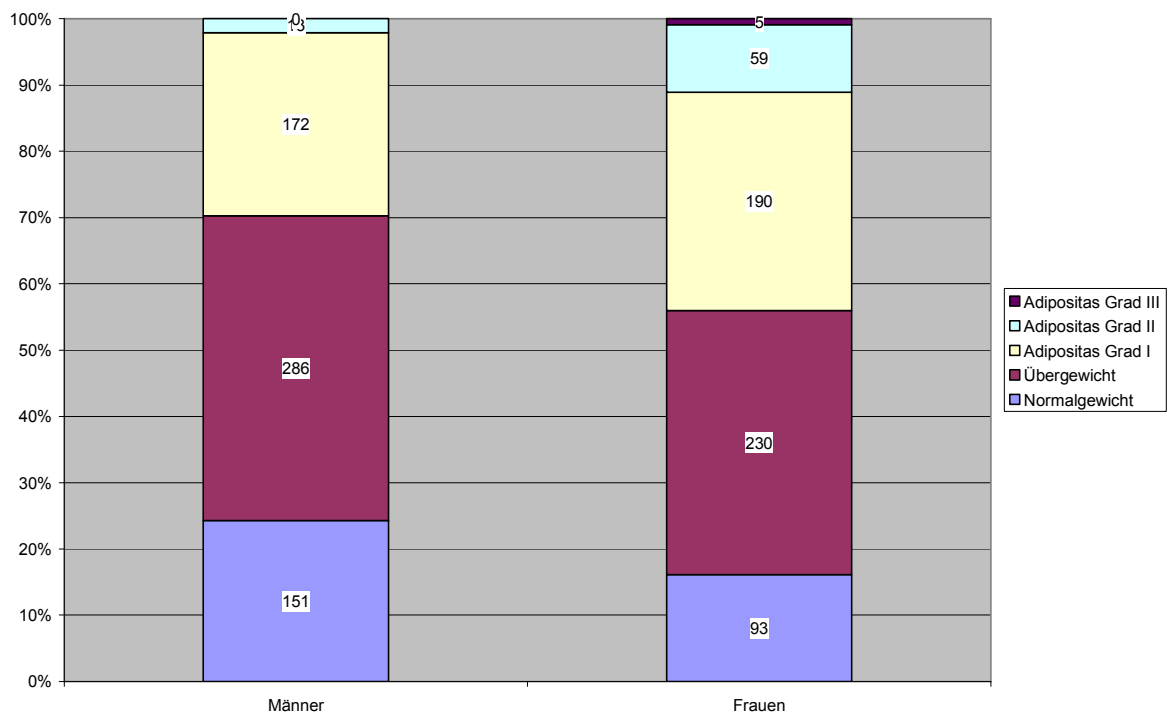


Abbildung 29: Verhältnis von Normal- zu Übergewicht bei Männern und Frauen

Die subjektiven Kniebeschwerden (KOOS) waren tendenziell ( $p=0,153$ ) bei Patienten mit Übergewicht oder Adipositas stärker (Abbildung 30).

Patienten mit stärkerer beruflicher Kniebelastung hatten einen signifikant niedrigeren BMI als solche mit geringer Belastung oder denjenigen, bei denen keine Zuordnung möglich war (Abbildung 31).

Keinen Bezug hatten das Körpergewicht und das radiologische Arthrosestadium ( $p=0,651$ ). Ebenso bestand kein statistischer Zusammenhang ( $p=0,422$ ) zwischen dem Körpergewicht und dem Grad der Gelenkdegeneration (WOAKS). Auch zwischen Verteilungsmuster der Knorpelschäden oder der Häufigkeit von Osteophyten konnte kein Zusammenhang festgestellt werden.

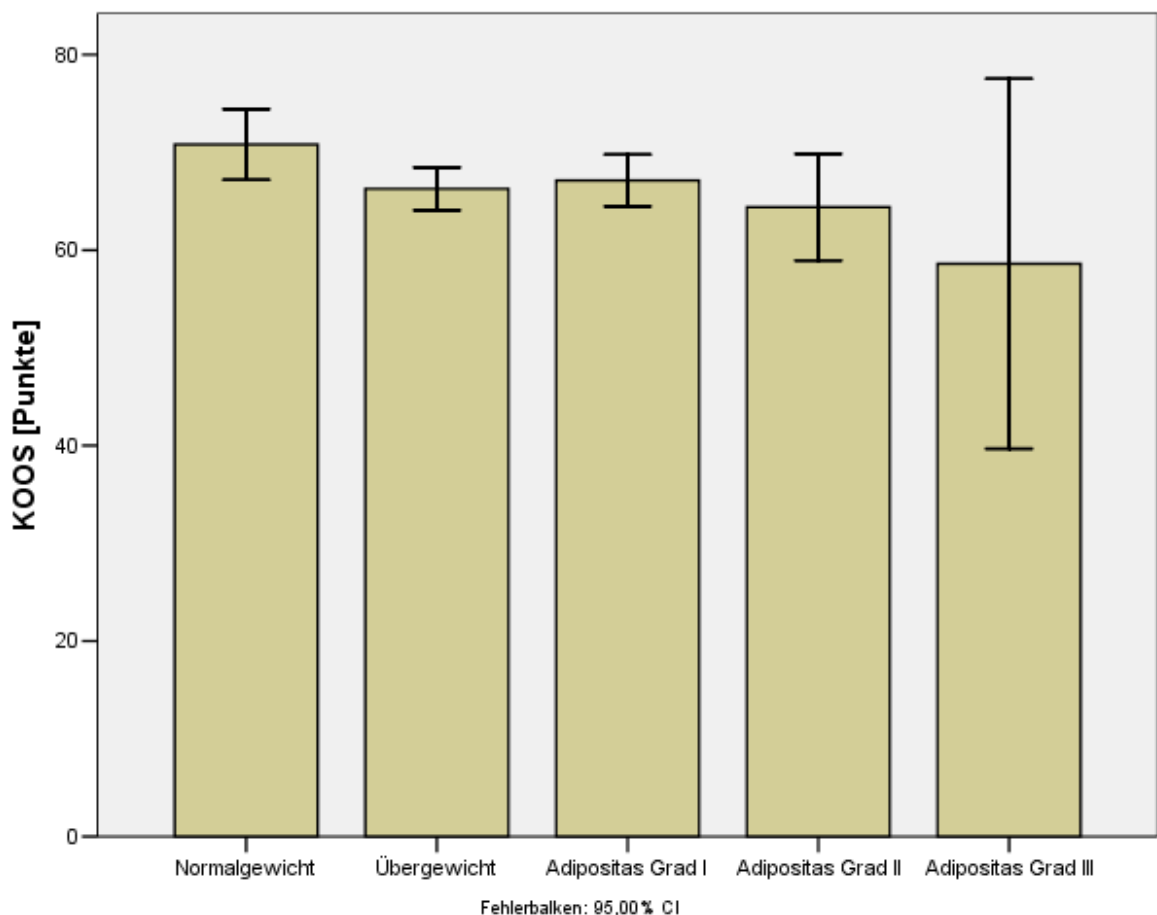


Abbildung 30: KOOS im Verhältnis zu Normal-, Übergewicht und Adipositas

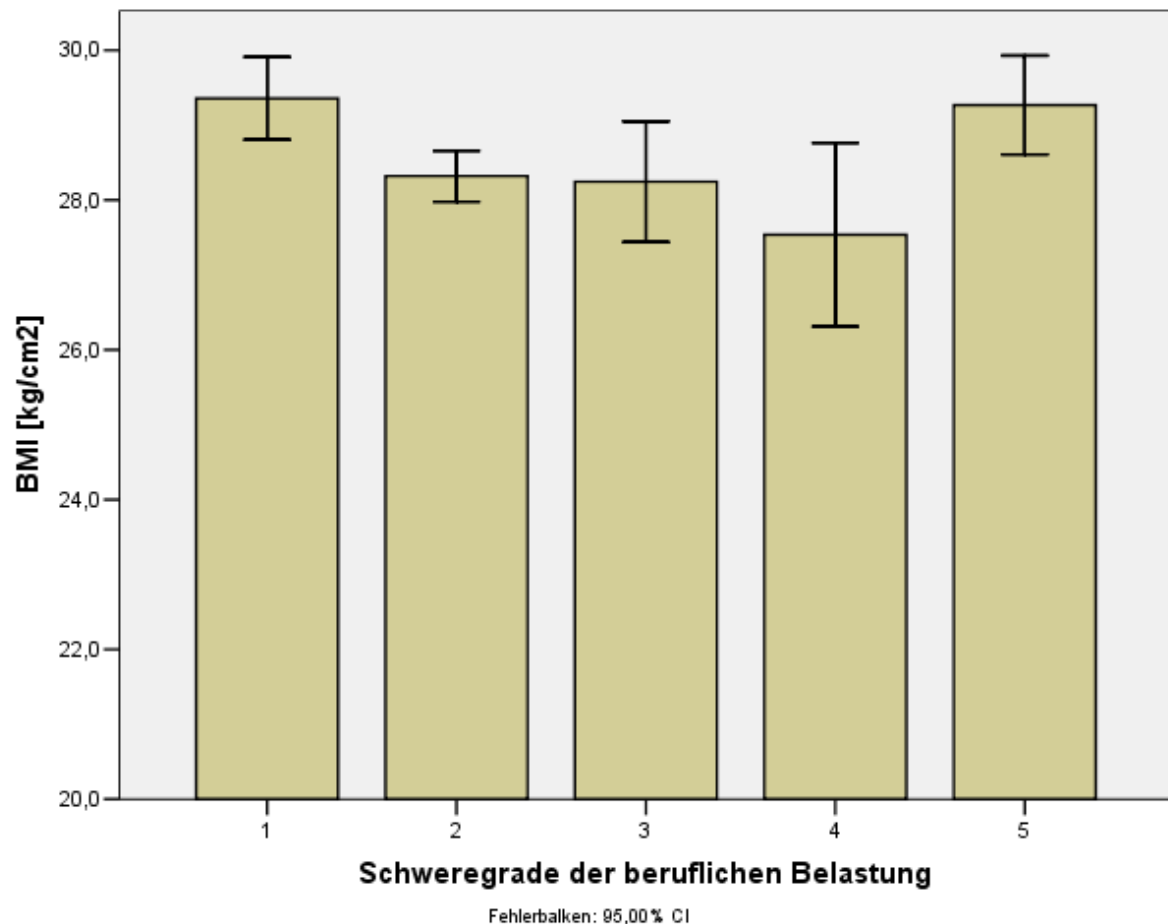


Abbildung 31: BMI bei Patienten mit unterschiedlicher beruflicher Belastung

## 5.9 Evaluation und Knorpelschaden adjustiert nach sportlicher Aktivität

Alle Patienten wurden nach ihrer sportlichen Aktivität befragt. Insgesamt 892 Patienten (81,9%) betrieben keinen oder nur gelegentlichen Freizeitsport. In Vereinen regelmäßig aktive Sportler wurden 99mal (8,3%) behandelt. Die restlichen 118 Patienten (9,8%) gaben an, früher aktive Sportler gewesen zu sein. Unter den Patienten fanden sich keine Hochleistungs- oder Profisportler. Bei der sportlichen Aktivität gab es signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen. Nur 74,3% Männer waren sportlich inaktiv, während dies bei 90,1% der Frauen der Fall war ( $p < 0,001$ ). Aktive Sportler waren 12,9% der Männer und 3,3% der Frauen. Von den Männern haben 12,9% früher aktiv Sport getrieben, während dies nur 8,6% der Frauen angaben. Auch bei der Häufigkeit der von den Patienten angegebenen Sportarten bestanden signifikante Unterschiede ( $p < 0,001$ ) zwischen beiden Geschlechtern (Tabelle 23). In der Altersgruppe 24 (kein Sport  $m=73,9\%$ ,  $w=85\%$ ) konnte kein signifikanter Unterschied in der sportlichen Aktivität

zwischen den Geschlechtern gefunden werden. In allen anderen Altersgruppen bestand hingegen ein signifikanter Unterschied (z.B. Altersgruppe 51 kein Sport  $m=72,1\%$ ,  $w=93,3\%$ ) (Abbildung 32).

Außer in Altersgruppe 24 hatten aktive oder frühere Sportler signifikant ( $p<0,001$ ) mehr subjektive Beschwerden, welches am höheren KOOS ersichtlich ist (Abbildung 33). Zwischen KOOS und sportlicher Betätigung besteht eine positive Korrelation.

Keine Signifikanz ( $p=0,142$ ) wurde bezüglich des BMI bei Sportlern und Nichtsportlern ermittelt.

*Tabelle 23: Unterschiedliche Sportaktivität bei Männern und Frauen*

<b>Sportart</b>	<b>Männer n = 622</b>	<b>Frauen n = 577</b>
Basketball	3	0
Fußball	49	0
Handball	25	3
Judo	1	4
Kanusport	5	1
Kraftsport	3	6
Laufsport	1	10
Leichtathletik	19	0
Nordische Kombination	2	0
Reiten	7	6
Rollschnelllauf	3	0
Rudern	4	0
Schwimmen	11	5
Skilanglauf	10	1
Skisprung	6	0
Tennis, Badminton	0	11
Turnen	4	14
Volleyball	9	1
insgesamt aktiv Sport		
n	162	62
%	26,0 %	10,7 %
kein Sport		
n	460	515
%	74,0 %	89,3 %

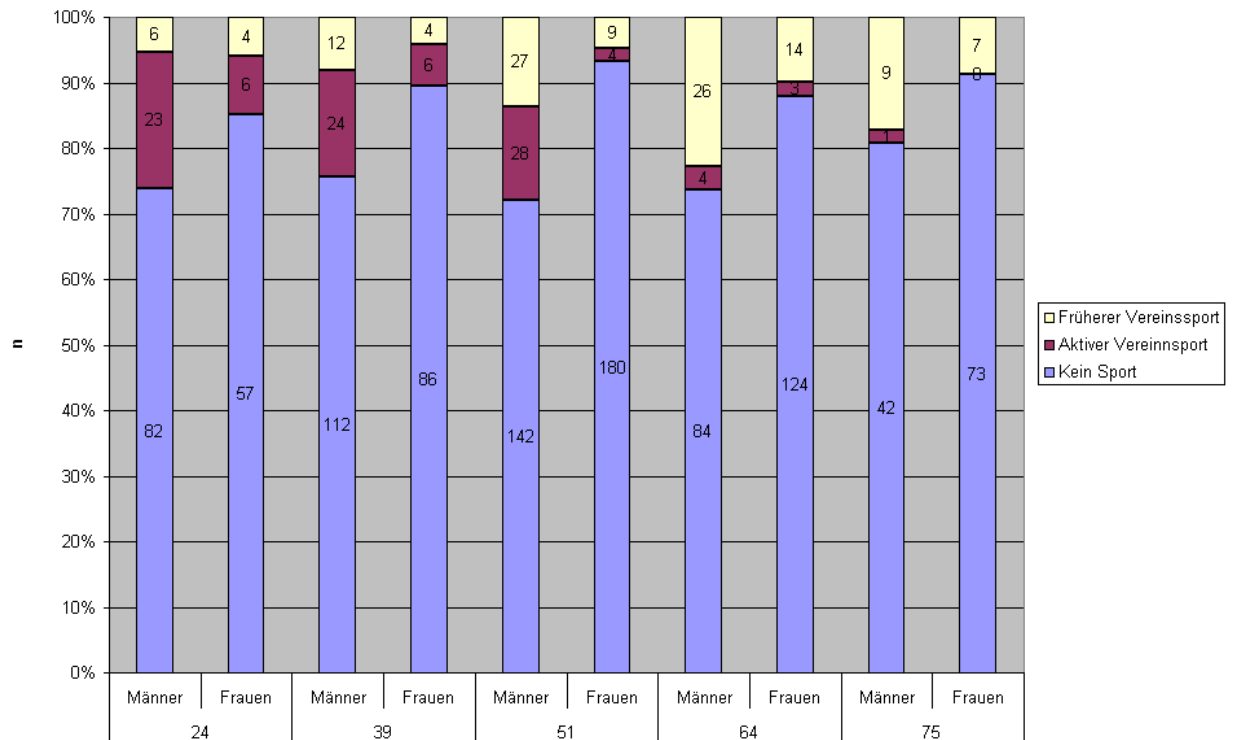


Abbildung 32: Altersadjustierte Sportaktivität bei Männern und Frauen

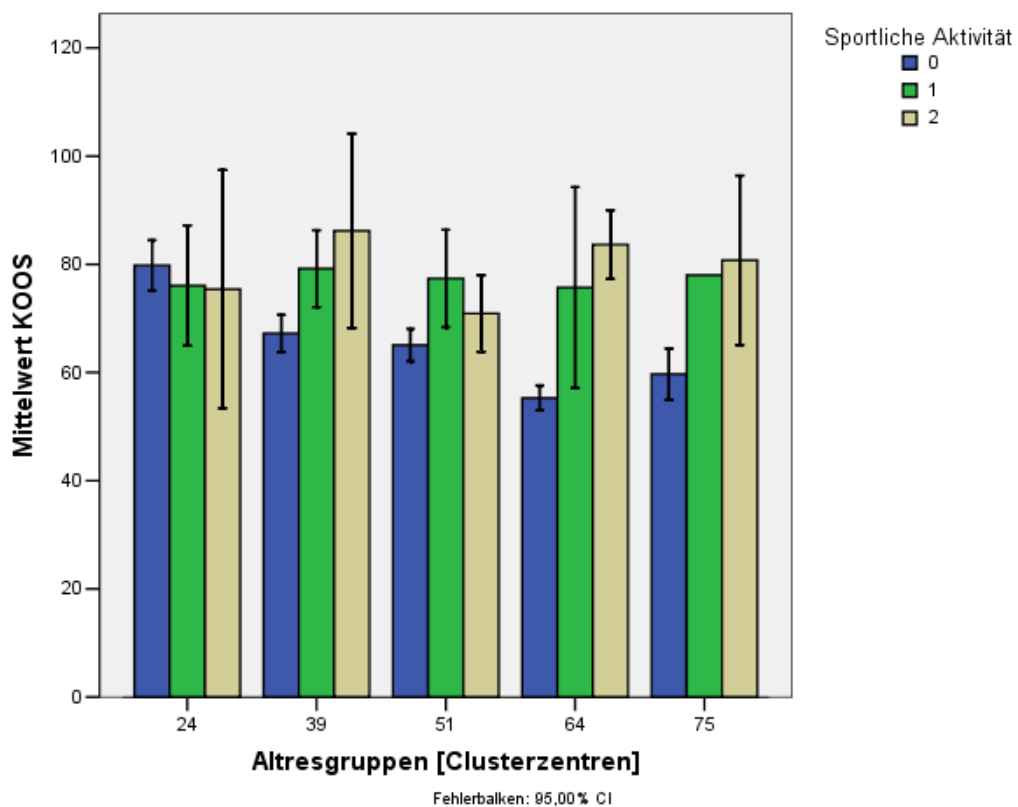


Abbildung 33: Altersadjustierte Lebensqualität bei Sportlern und Nichtsportlern

Der Arthrosegrad war abgesehen von Altersgruppe 24 ( $p=0,212$ ) in den höheren Altersgruppen bei Sportlern signifikant niedriger als bei Nichtsportlern ( $p<0,001$ ). Der gleiche Zusammenhang wurde für das Ausmaß der Gelenkdegeneration (WOAKS) gefunden. Die Werte sind in den Abbildungen 34 und 35 gezeigt.

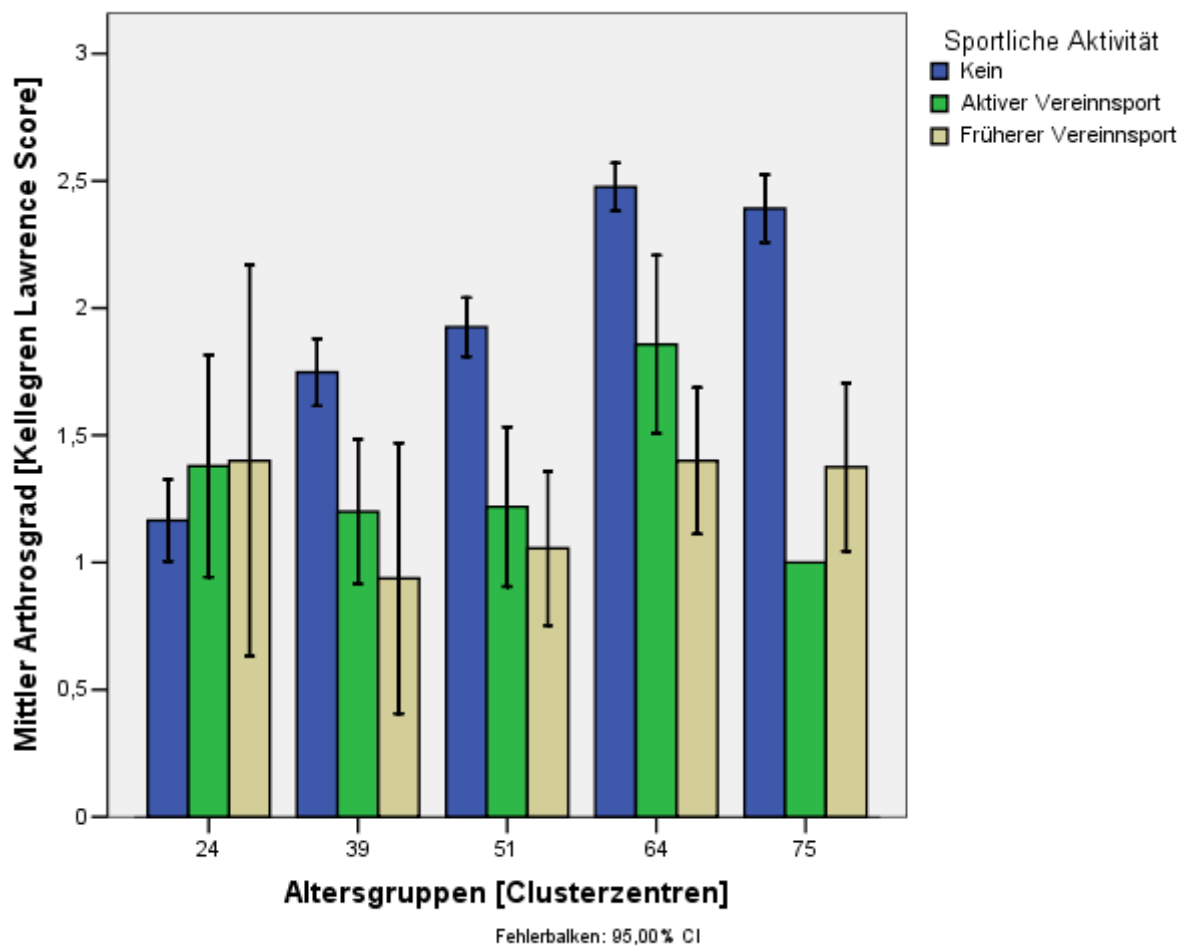


Abbildung 34: Altersadjustierter Arthrosegrad bei Sportlern und Nichtsportlern



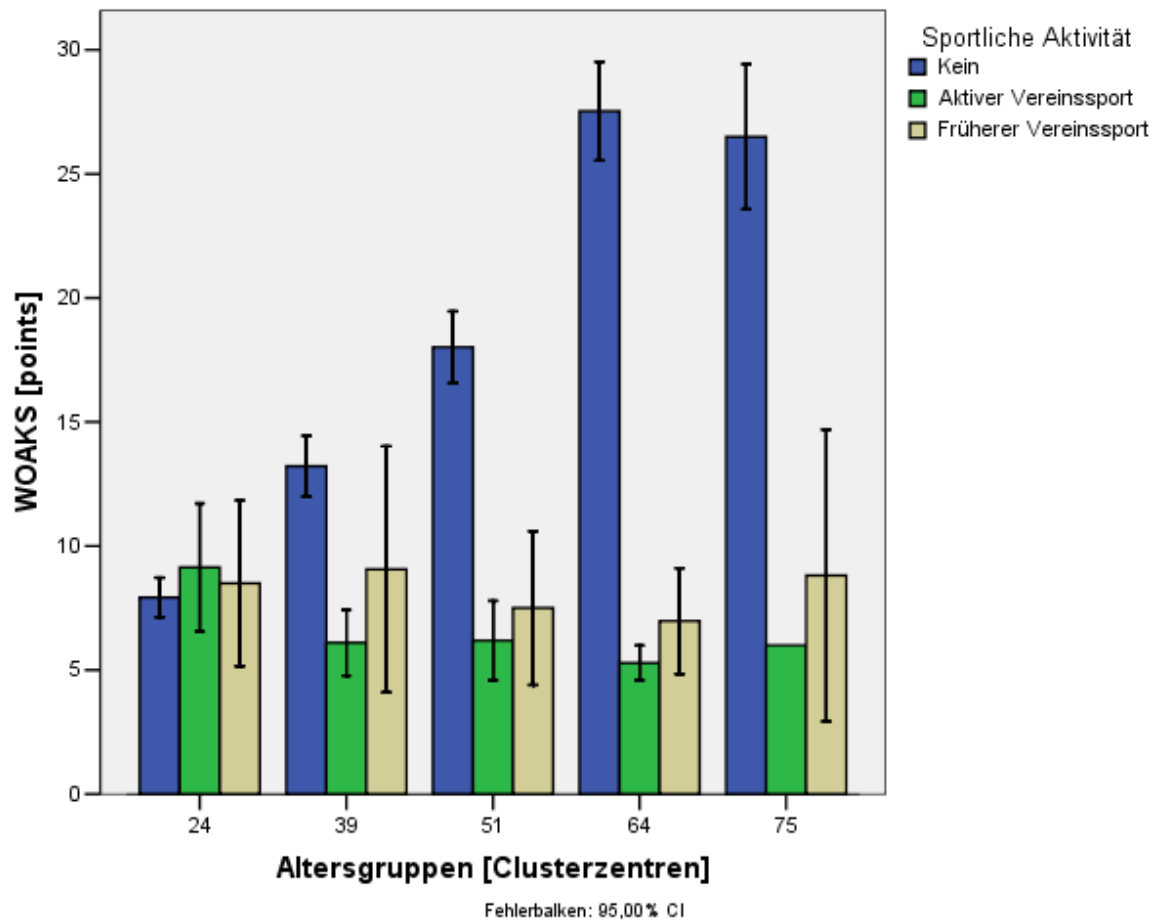


Abbildung 35: Altersadjustierte Gelenkdegeneration (WOAKS) bei Sportlern und Nichtsportlern

Bezüglich der Verteilungsmuster der Knorpelschäden bzw. der Osteophyten hingegen wurden innerhalb der Altersgruppen keine Unterschiede gefunden. Gleiches traf für die Untersuchung bei den unterschiedlich ausgeübten Sportarten zu.

## **6 Diskussion**

Das Anliegen der vorliegenden Untersuchung war es, einen Beitrag zur Beantwortung der Frage nach der Bedeutung einer beruflichen Kniebelastung bei der Arthroseentstehung zu leisten. Insbesondere wurde untersucht, ob die berufliche Belastung im Sinne einer BK-relevanten Exposition mit einer vermehrten Knorpelschädigung und besonderen Schädigungsmustern einhergeht. Zu diesem Zweck wurden die Evaluationsdaten und die arthroskopischen Befunde nach Geschlecht, Alter, Körpergewicht, beruflicher und sportlicher Belastung adjustiert und ausgewertet.

### **6.1 Ergebnisdiskussion des gesamten Patientenkollektives**

Die Geschlechtsverteilung unseres Patientengutes war fast ausgeglichen (m=622, w=577). Der relative Frauenanteil nahm aber mit steigendem Alter zu (Abbildung 11). So sind von den 342 Patienten über 60 Jahre 57% weiblich, bei den über 70-Jährigen 61%. Der Frauenanteil nahm mit zunehmender physischer Schwere des Berufes kontinuierlich ab (Abbildung 12).

Auch bei den radiologischen Befunden wurden bei den Frauen eine signifikant häufigere und auch eine höhergradige Gonarthrose gefunden (Abbildung 14). Dies stimmt mit den Ergebnissen der großen epidemiologischen Studien überein.

Insgesamt wurden bei 67% der Patienten radiologische Veränderungen ab Kellgren-Lawrence-Grad 2 gefunden. Damit liegt der Wert deutlich über den Prävalenzangaben von Felson (1990). Allerdings handelt es sich hier nicht um eine allgemeine Prävalenzstudie, sondern um Patienten mit manifesten Kniebeschwerden. Mit zunehmendem Alter ist auch eine signifikante Verschlechterung des radiologischen Befundes zu erkennen. Dies trifft für alle Schweregrade der beruflichen Belastung zu, aber bei gleicher Altersgruppe gibt es zwischen den beruflichen Belastungsgruppen kaum Unterschiede (Tabelle 8). So beträgt in der Altersgruppe 51 Jahre der Kellgren-Lawrence-Grad in allen Gruppen 1,5 bis 1,9. Das bedeutet, dass die Schwere der Arbeit keinen Einfluss auf den Arthrosegrad hat.

Der BMI ist in den verschiedenen Altersgruppen fast gleich, d.h. höheres Alter bedeutet nicht zwangsläufig eine Gewichtszunahme. Aber mit zunehmendem Alter werden die Beschwerden mehr toleriert, ersichtlich an der längeren Anamnesedauer und am niedrigeren KOOS (Tabelle 5).

Bei den arthroskopischen Befunden insgesamt zeigte sich ein deutlicher Unterschied bei der Lokalisation und der Intensivität der Knorpelschäden. Da die anatomische Gewichtsachse medial des Kniegelenkes verläuft, scheint dies die Ursache für die bevorzugte Schädigung der medialen Kniebereiche zu sein. So wurden nur bei 3,8% der Patienten an der medialen Belastungszone des Femurkondylus gesunder Knorpel gefunden (Abbildung 19). Dieser Bereich ist sowohl im Stehen als auch bei Beugung über 120 Grad belastet. Nachdem die Kondylenrundung flacher wird, wird zwangsläufig der Rand der Kondyle kompensatorisch mit einbezogen, so dass dieser der zweithäufigste geschädigte Bereich ist. Hier findet sich nur in 22,6% gesunder Knorpel. Erst danach folgt das mediale Tibiaplateau, welches sowohl im Stehen als auch bei Beugung belastet wird, allerdings jeweils ein anderer Knorpelbereich. An vierter Stelle folgen dann Trochlea und Patella mit jeweils ca. 46% gesundem Knorpel (Abbildung 17, 18). Bei den Meniskusschäden ist ebenfalls der mediale Meniskus mehr als dreimal so oft betroffen wie der Außenmeniskus.

Osteophyten als Zeichen einer fortgeschrittenen Arthrose wurden insgesamt 53mal (45 Patienten) gefunden, davon nur 6mal bei Berufen mit schwerer Belastung und bei Berufen mit BK-Kriterien. Der arthroskopische Gesamtbefund des Kniegelenkes (WOAKS) verschlechtert sich signifikant bei steigendem radiologischen Arthrosegrad (Abbildung 24).

## **6.2 Ergebnisdiskussion Hypothese 1 (Geschlecht)**

*Hypothese 1: Es bestehen geschlechtsspezifische Unterschiede hinsichtlich der arthroskopisch diagnostizierten Knorpelschäden.*

Diese Hypothese ließ sich anhand unserer Daten bestätigen, da bei Frauen in unseren arthroskopischen Untersuchungen insgesamt schlechtere Knorpelbefunde diagnostiziert wurden. Außerdem wies das weibliche Geschlecht in unserer Evaluation höhere Kellgren-Lawrence-Grade auf und hatte einen signifikant höheren BMI. Weiterhin trieben die Frauen hier auch weniger Sport. Während in den jüngeren Altersgruppen Männer nur einen geringfügig schlechteren WOAKS aufwiesen, war in den höheren Altersgruppen bei den Frauen ein signifikant höherer WOAKS als bei den Männern zu verzeichnen (Abbildung 23). Hier sind also durchaus geschlechtsspezifische Unterschiede zu erkennen. Dies wurde auch in einer Untersuchung von Theiler (2002) bestätigt, wo Frauen ab dem 55. Lebensjahr signifikant häufiger eine Gonarthrose mit deutlich schwereren Befunden aufwiesen.

Besonders im lateralen Bereich des Kniegelenkes (Außenmeniskus, laterale Femurkondyle und Tibia) sind die degenerativen Veränderungen bei Frauen deutlich schlechter. Normalerweise bilden Femur und Tibia einen nach lateral offenen Winkel von 175 Grad. In diesem Fall und beim Genu varum (O-Bein = größer 175 Grad) verläuft die Belastungsachse durch den medialen Kniebereich. Beim Genu valgus (X-Bein) ist der Winkel kleiner 175 Grad und die Belastungsachse verläuft etwas mehr auch durch den lateralen Gelenkbereich, wodurch natürlich hier eine verstärkte Druckbelastung auftritt. Durch die geschlechtsspezifische Beckenstruktur der Frauen neigen diese meist zu einem physiologischen Genu valgus und damit zu einer relativen Mehrbelastung der lateralen Knieanteile.

Die insgesamt schlechteren arthroskopischen Befunde bei den Frauen könnten ursächlich durch den höheren BMI oder die geringere sportliche Betätigung bedingt sein. Zur sportlichen Aktivität der Frauen wird in anderen Studien keine Aussage gemacht. Nach unseren Ergebnissen ist die Wertigkeit der sportlichen Betätigung im Prozess der Arthroseentstehung aber als entscheidender einzuschätzen als der BMI.

In unserer Studie besteht beim BMI ( $m=27,7 \text{ kg/m}^2$ ,  $w=29,7 \text{ kg/m}^2$ ,  $p<0,001$ ) ein signifikanter Unterschied mit einem deutlich höheren BMI der Frauen. Betrachtet man aber das Körpergewicht in kg ( $m=80,5 \text{ kg}$ ,  $w=81,0 \text{ kg}$ ,  $p=0,417$ ), so ist kaum noch eine Differenz zwischen den Geschlechtern feststellbar. Theoretisch wäre es nun denkbar, dass nicht der BMI das wichtigere Kriterium ist, sondern das absolute Körpergewicht. Denn nach der Formel  $p=F/A$  ist die Druckbelastung des Knorpels nur von der Gewichtslast und der Kontaktfläche abhängig. Nach Angaben in der Literatur gibt es keinen Hinweis darauf, dass die Fläche von der Körpergröße abhängig wäre, d.h. sie beträgt generell zwischen Femur und Tibia bei intaktem Meniskus im Stehen ca.  $20 \text{ cm}^2$ , bei Zustand nach Meniskusresektion nur noch ca.  $12 \text{ cm}^2$  und zwischen Patella und Trochlea ca.  $3 \text{ cm}^2$  [Panjabi und White 2001]. Demzufolge ist der Druck auf den Knorpel bei gleichem Körpergewicht, trotz unterschiedlichem BMI wegen unterschiedlicher Körpergröße, identisch. Aus diesem Grund würde die Angabe des absoluten Körpergewichts die Belastung auf den Knorpel besser reflektieren als die Angabe des BMI.

### **6.3 Ergebnisdiskussion Hypothese 2 (Alter)**

*Hypothese 2: Mit fortschreitendem Alter kommt es zu einer signifikanten Zunahme der Knorpelschäden im Sinne einer Gonarthrose.*

Nach dieser Adjustierung ist in unserer Population eine signifikante Zunahme der Arthrosen mit zunehmendem Alter nachweisbar. Dies ist verbunden mit einer verminderten sportlichen Aktivität, während der BMI sich als altersunabhängig erweist. Bei den arthroskopischen Befunden ist in allen Kompartimenten eine signifikante Zunahme der Knorpeldegeneration erkennbar. In Übereinstimmung mit anderen Studien ist der negative Einfluss des Alterns auf den Knorpelstoffwechsel unbestritten [Engelhardt 2003, Michael et al. 2010, Felson et al. 1988].

### **6.4 Ergebnisdiskussion Hypothese 3a/b (Beruf)**

Die epidemiologischen Studien zum Gonarthroserisiko durch berufliche Belastungen basieren ebenfalls auf radiologischen Kriterien nach Kellgren-Lawrence und der klinischen Symptomatik. Es wurden zahlreiche Studien bei Bergarbeitern, Bauarbeitern und Werftarbeitern durchgeführt. Bei den Bergarbeitern zeigten alle vier zu diesem Thema durchgeführten Querschnittsstudien ein erhöhtes Risiko in Bezug auf die Gonarthrose. So fand Greinemann et al. (1983) bei der Untersuchung von 500 Bergleuten aus dem Ruhrgebiet im Vergleich zu Kontrollpersonen ein um den Faktor 13,0 erhöhtes Risiko im Femorotibialgelenk. Bei Bauarbeitern zeigten fünf von sieben Studien ebenfalls ein erhöhtes Risiko, z.B. Kirkeskov Jensen et al. (2000). Kasch und Enderlein (1986) fanden eine „Vorverlegung degenerativer Kniegelenksbefunde im Vergleich zu Kontrollprobanden um 15 bis 32 Jahre (sog. Linksverschiebung)“ bei Werftarbeitern. Auch in der einzigen Kohortenstudie von Felson et al. (1991) fand sich bei Beschäftigten mit Tätigkeiten die als kniegelenksbelastend eingestuft wurden (Knien, Hocken, Kriechen) oder mit häufigen Heben und Tragen von mindestens 11 kg verbunden waren, ein signifikant erhöhtes Gonarthroserisiko. Insgesamt wurde bei 11 von 17 epidemiologischen Studien ein signifikant erhöhtes Risiko der Gonarthroseentstehung nach Arbeiten im Knien oder vergleichbarer Kniebelastung beobachtet [BArbBL 10/2005].

Als Ursache der Gonarthrose durch berufliche Tätigkeiten im Knien oder in der Hocke wird eine erhöhte Druckkraft auf den Gelenkknorpel im Retropatellar- und Femorotibialgelenk vermutet [BArbBL 10/2005].

Hingegen stellten Dorotka et al. (2002) fest, dass „eine berufliche Kniebelastung weniger mit Knieschmerzen in Zusammenhang zu stehen scheint“. Auch ein Einfluss des BMI konnte dabei nicht gefunden werden. Es wurden 133 Soldaten mit femoropatellaren Schmerzen und 115 ohne Schmerzen im Kniegelenk untersucht. Die Gruppe mit Schmerzen war sportlich aktiver, die ohne Schmerzen arbeitete zuvor signifikant mehr in kniebelastenden Berufen.

Aus unseren Evaluationsdaten ist ersichtlich, dass die sportliche Betätigung der physisch belastenden Berufe höher ist als bei den Berufen mit vorwiegend sitzender Tätigkeit (Lehrer, Angestellte) (Tabelle 7). Analog verhält es sich beim BMI. Berufe mit vorwiegend sitzender Tätigkeit haben den höchsten BMI, Berufe schwerer Arbeit und mit Kniebelastung den niedrigsten BMI. Beim KOOS ist es umgekehrt, da die beruflich und sportlich aktiven Berufsgruppen unter Knieschmerzen objektiv und subjektiv mehr leiden als unsportliche Bürobeschäftigte.

Bei der Analyse der arthroskopischen Befunde fanden sich zur Beantwortung der Hypothesen folgende Ergebnisse:

*Hypothese 3a: Berufe mit höherer körperlicher Belastung bzw. verstärkt kniender Tätigkeit im Sinne einer BK-relevanten Expositionsdauer weisen arthroskopisch signifikant häufiger Knorpelschäden im Sinne einer Gonarthrose auf als andere Berufsgruppen.*

Eine vermehrte Knorpelschädigung konnte bei den Berufen mit Kniebelastung nicht festgestellt werden. Der WOAKS aller Patienten betrug im Durchschnitt 16,6 Punkte. Der WOAKS der Berufsgruppe mit BK-Kriterien von 14,6 Punkten und den Berufsgruppen mit schwerer körperlicher Arbeit von 15,1 Punkten lag damit sogar deutlich unter dem Durchschnitt. Auch bei der Unterteilung in die fünf Altersgruppen war der WOAKS dieser beiden Berufsgruppen niedriger als der WOAKS der Berufsgruppen mit geringerer physischer Belastung (Abbildung 25). Somit konnten wir diese Hypothese aufgrund der von uns erhobenen Daten nicht bestätigen.

*Hypothese 3b: Patienten mit kniender Berufstätigkeit haben arthroskopisch ein anderes Verteilungsmuster der Knorpelschäden im Kniegelenk als Patienten ohne kniebelastende Tätigkeit.*

In unseren Daten war ein besonderes Schädigungsmuster bei den Berufen mit starker physischer Belastung und hoher Kniebelastung nicht erkennbar. Die Abfolge der Knorpelschädigungen war bei allen Berufsgruppen identisch (Tabelle 9 bis 22). Zuerst wurden die mediale Femurkondyle und der mediale Belastungsbereich der Tibia geschädigt, dann folgte die Patella-Trochlea-Region und zuletzt der laterale Gelenkbereich. Auch diese Hypothese ist somit aufgrund unserer Arthroskopiedaten zu verwerfen.

Auch die arthroskopischen Meniskusbefunde sprechen gegen eine übermäßige Schädigung durch berufliche Kniebelastung, da die entsprechenden Schädigungsraten der Berufsgruppe mit Kniebelastung und schwerer Arbeit unter dem Durchschnitt liegen.

Als Besonderheit ist bei unserer Patientenstichprobe der Altersgruppe 39 mit BK-Kriterien aufgefallen, dass im lateralen Bereich der Patella ( $p=0,003$ ), im Bereich der medialen Trochlea ( $p=0,003$ ) und der lateralen Trochlea ( $p=0,001$ ) eine signifikant höhergradige Schädigung erkennbar war (Tabellen 11,12 und 14). Ob das als Indiz einer vorzeitigen Schädigung zu werten ist, ist schwer zu sagen. Da diese Veränderung in den folgenden Altersgruppen aber nicht wiederzufinden ist, könnte das Schädigungsmuster in dieser Altersgruppe als zufälliges Ereignis interpretiert werden.

Neben der Belastung des Femorotibialgelenks hat im Hocken und Knien außerdem die Belastung des Femoropatellargelenks klinische Relevanz. Ursachen für die Ablehnung der beiden o.g. Hypothesen könnten in den Untersuchungen von Spahn et al. (2008) zu finden sein. Es wurden biomechanische Untersuchungen zum Anpressdruck der Patella im Knien und Hocken durchgeführt, wobei auch bei hohem Körpergewicht keine relevanten Knorpelschädigungen festzustellen waren. Vielmehr fanden sich trotz hoher Anpressdrücke nur reversible und elastische Verformungen des Knorpels.

Zur Bestimmung der Druckspannung wurden am Institut für Arbeitsschutz (2009) biomechanische Analysen an 13 Personen mit Kniebelastung durchgeführt. Für das Femoropatellargelenk wurden hierbei folgende Belastungen bestimmt: beim beidbeinigen Hocken beträgt der Patellaanpressdruck ca. 100% des Körpergewichtes, beim einbeinigen ca.

200% und beim Abbremsvorgang bzw. beim Aufrichten aus der Hocke können bis zu 400% des Körpergewichtes an der Patella wirken.

Insgesamt ist die Messung der Belastung des Knorpels unter physiologischen Bedingungen schwierig, ebenso wie die exakte Bestimmung der Größe der Kontaktflächen. Diese wird mit ca.  $3 \text{ cm}^2$  angegeben [Klein et al. 2004].

Das bedeutet bei 80 kg Gewicht und normaler Hocke einen Anpressdruck der Patella von 80 kg auf  $3 \text{ cm}^2$  Gelenkfläche. Daraus resultiert ein Druck von ca. 2,7 MPa ( $27 \text{ kg/cm}^2$ ), also noch ein Druck, der nur zu einer elastischen Deformierung führt.

Betrachtet man einen Probanden mit einem Körpergewicht von 100 kg, der aus der Hocke ein Gewicht von 20 kg schnell anhebt, dann können hierbei Gewichtskräfte bis 480 kg ( $120 \text{ kg} \times 4$ ) auf  $3 \text{ cm}^2$  Gelenkfläche einwirken. Daraus resultiert ein möglicher Anpressdruck der Patella von 16 MPa ( $160 \text{ kg/cm}^2$ ), der zu einer plastischen Verformung des Knorpels führt. Bei längerer Einwirkung dieser Kräfte wäre eine Schädigung der Chondrocyten durchaus möglich. Dabei wird eine maximale Belastung des Knorpels mit dem Fünffachen des Körpergewichts beziffert, wobei Drücke zwischen 5 bis 18 MPa entstehen können [Spahn et al. 2008]. Allerdings dürfte sich die Einwirkdauer dieser Maximalbelastungen nur im Bereich von Sekunden bewegen.

Beim Knien selbst wirkt dann wieder nur maximal das Körpergewicht oder auch weniger, wenn beim Fersensitz das Gewicht auf den Unterschenkeln ruht. Diese Belastungen bewirken nur eine elastische Verformung des Knorpels. Allerdings ist hier die Wirkung einer Zwangshaltung mit ihren Folgen zu beachten. Erstens kommt es zu einem länger einwirkenden, wenn auch geringeren Druck auf den Knorpel. Zweitens ist eine Durchblutungsstörung in Form einer venösen Stase denkbar. Dadurch wird unter Umständen der Stoffwechsel des Knorpels nachhaltig gestört.

So wurden z.B. bei 59 Patienten mit einer Knieendoprothese nach Gonarthrose bei Frauen in jeweils 76% der Fälle eine venöse Insuffizienz und Hypertonie gefunden, bei Männern in 35% eine venöse Insuffizienz und in 85% eine Hypertonie [Kentner et al. 2008].

Ähnliche Zwangshaltungen treten aber nicht nur bei längeren Knien auf, sondern ein verlängerter Anpressdruck der Patella und venöse Stauungen sind auch bei sitzenden Tätigkeiten möglich, wodurch ebenso Stoffwechselstörungen entstehen können, die degenerative Knorpelveränderungen begünstigen.



## 6.5 Ergebnisdiskussion Hypothese 4 (Gewicht)

*Hypothese 4: Mit zunehmendem Körpergewicht zeigen sich arthroskopisch signifikant mehr Knorpelschäden im Sinne einer Gonarthrose als bei Normgewichtigen.*

Übergewicht wird in der Literatur übereinstimmend als arthrosefördernder Faktor angesehen. In der Framingham Knee Osteoarthritis Study (1990) wurde dieser Zusammenhang speziell für das weibliche Geschlecht gefunden, während Stürmer et al. (2000) generell bei einem BMI > 30 kg/m<sup>2</sup> ein um den Faktor 8,1 erhöhtes Gonarthroserisiko fanden [BArBL 10/2005].

Bei unserem Patientengut konnte dies aber nicht bestätigt werden. Von den 1199 Patienten mit Beschwerden im Kniegelenk hatten 760 Patienten (= 63,4%) einen BMI unter 30 kg/m<sup>2</sup>, nur 439 (=36,6%) waren mit einem BMI von über 30 kg/m<sup>2</sup> adipös. Dies könnte ein erster Hinweis darauf sein, dass das Gewicht als Ursache für Kniebeschwerden kein wesentlicher Faktor sein könnte. Als einzige Signifikanz fand sich ein höherer Anteil von Adipositas (Abbildung 29) bei den Frauen. Aber wie bereits beschrieben, hatten Frauen und Männer fast das gleiche Gewicht. Sie waren nur ca. 5 cm kleiner, demzufolge ist der errechnete BMI natürlich höher.

Bei den Evaluationsdaten (Arthroserate, Kellgren-Lawrence) war kein signifikanter Unterschied nachweisbar, ebenso bei der sportlichen Betätigung. Allerdings fällt schon auf, dass die Patienten mit einem BMI von über 35 kg/m<sup>2</sup> deutlich weniger sportlich waren. Gleichzeitig ist bei dieser Patientengruppe ein größerer Anstieg bei der Arthroserate und beim Kellgren-Lawrence-Score erkennbar, wenngleich auch nicht signifikant. Dies könnte ein Hinweis auf die Bedeutung von sportlicher Betätigung bei der Arthroseentstehung sein.

Auch bei den arthroskopischen Befunden (WOAKS) fand sich kein signifikanter Unterschied, ebenso bei den Meniskusbefunden. Nur der WOAKS beim BMI von über 35 kg/m<sup>2</sup> war geringfügig höher, also auch bei der Gruppe, die deutlich weniger Sport trieb. Betrachtet man alles zusammen, dann ist dieses Ergebnis erst einmal etwas überraschend. Das Körpergewicht alleine scheint also kein entscheidender Faktor der Arthroseentstehung zu sein. Somit muss die Hypothese, dass mit zunehmendem Körpergewicht auch die Gonarthroserate steigt, in diesem Fall verworfen werden.

Eine Ursache hierfür könnte in den Untersuchungen von Spahn et al. (2003) zum Spannungs- und Bruchverhalten gesunden Knorpels zu finden sein. Dabei beträgt die Bruchspannung des Knorpels 25,8 MPa (SE=5,2) abhängig von der Knorpeldicke. Also erst eine Druckkraft von mindestens 20 MPa (ca. 200 kg/cm<sup>2</sup>) führt zur Knorpelfraktur. Bis zu einer Druckbelastung von 5 MPa (ca. 50 kg/cm<sup>2</sup>) reagiert der Knorpel ideal elastisch. Höhere Drücke bewirken dann eine

zunehmende plastische Verformung, die aber zeitlich versetzt reversibel ist und als Viskoelastizität bezeichnet wird. Beim normalen Gehen kommt es am medialen Femurkondylus zu Druckspannungen von 3,68 bis 4,17 MPa (ca. 37 bis 42 kg/cm<sup>2</sup>). Über Höhe und Einwirkzeit einer Druckbelastung, bei der es zur Apoptose der Chondrocyten kommt, wurden keine Angaben gefunden.

In unserer Patientengruppe betrug das Durchschnittsgewicht der Adipösen mit einem BMI von über 35 kg/m<sup>2</sup> (Grad 3 wurde aufgrund geringer Fallzahl nicht berücksichtigt) genau 98 kg. Bei 20 cm<sup>2</sup> Kontaktfläche zwischen Femur und Tibia ergibt sich, dass beim normalen Stehen ein Druck von 0,25 MPa (ca. 2,5 kg/cm<sup>2</sup>) und beim einbeinigen Stehen von 0,5 MPa (ca. 5 kg/cm<sup>2</sup>) auf den Gelenkknorpel wirkt.

Nach Berechnungen des Institutes für Arbeitsschutz (2009) wirkt auf das belastete Bein beim Gehen kurzzeitig das bis zu 2,5fache Körpergewicht, d.h. ca. 250 kg auf 20 cm<sup>2</sup> Knorpelfläche ergibt eine Druckbelastung von 1,25 MPa (12,5 kg/cm<sup>2</sup>). Selbst bei einem Körpergewicht von 150 kg wird maximal ein Druck von 1,9 MPa (ca. 18,8 kg/cm<sup>2</sup>) erreicht. Sogar bei einer Halbierung der Kontaktfläche durch Meniskusresektion würde bei 150 kg nur ein Druck von 3,8 MPa (ca. 38 kg/cm<sup>2</sup>) erreicht.

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dass selbst bei größerem Übergewicht der Knorpel beim Gehen nur Druckkräften ausgesetzt ist, die eine rein elastische Verformung bewirken. Demzufolge ist eine Schädigung durch Apoptose aufgrund der alleinigen Gewichtsbelastung unwahrscheinlich. Deshalb muss die Frage erlaubt sein, ob das Gewicht an sich wirklich ein so bedeutender arthrosefördernder Faktor ist. Vielleicht ist eine fehlende sportlich-körperliche Betätigung, die sicher öfters bei Adipösen anzutreffen ist, ein viel größeres Arthroserisiko. In unserer Studie war trotz steigendem BMI, vielleicht wegen der sportlichen Betätigung der Adipösen, kaum eine höhere Knorpelschädigung nachweisbar. In den Vergleichsstudien [Felson 1990, Stürmer et al. 2000] wurden zur sportlichen Betätigung in Abhängigkeit zum BMI keine Angaben gemacht.

## 6.6 Ergebnisdiskussion Hypothese 5 (Sport)

*Hypothese 5: Sportliche Betätigung hat einen positiven Einfluss auf die Verhinderung von arthroskopisch diagnostizierbaren Knorpelschäden.*

Die Auswertung der Daten bezüglich der sportlichen Betätigung ergab für die früher sportlich aktive Gruppe (55 Jahre) eine Arthroserate von 83,1%, bei der noch aktiven Gruppe von 86,9% und bei der nicht sportlichen Gruppe (50 Jahre) 91,9%. Beim Kellgren-Lawrence-Score Grad 2 betrug der Anteil 40,7% bzw. 42,4% bei den sportlichen Gruppen, aber 71,7% bei den nicht sportlich Aktiven. Beim BMI gab es keinen Unterschied.

Der Einfluss der sportlichen Betätigung auf das Gonarthroserisiko wurde bisher eher unter dem Aspekt der Verletzungen betrachtet. In unserer Studie waren aber Verletzungen jeder Art ein Ausschlusskriterium. Demzufolge ist die sportliche Betätigung als eine vermehrte Druckbelastung des Knorpels ohne traumatische Gewebsschädigung zu interpretieren. Unter diesem Aspekt müssen die arthroskopischen Befunde gewertet werden.

In allen untersuchten Bereichen verzeichnen die sportlich aktiven Gruppen (früher und aktuell) signifikant weniger schwerwiegende Knorpelschäden (ab ICRS Grad 3). Auch die höhergradigen Meniskusschäden (Grad 2+3), insbesondere die des Innenmeniskus, sind bei den sporttreibenden Gruppen signifikant geringer. Auch der WOAKS ist demzufolge signifikant besser. Der WOAKS der früher Sport treibenden Gruppe betrug 7,8 und in der noch aktiven Gruppe 7,0 Punkte. Dagegen fand sich bei der nicht sportlich aktiven Gruppe ein signifikant höherer Wert mit 18,6 Punkten.

Insbesondere an der Patella, an der Trochlea und an der medialen Tibia findet man die deutlichsten Unterschiede. Ursache hierfür könnte die dosierte Be- und Entlastung des Knorpels mit verbessertem Stoffwechsel bei sportlicher Belastung sein. Hingegen wird der Knorpel von Tibia und Femur im Sitzen kaum belastet und das femoropatellare Gleitlager durch lang anhaltenden geringen Druck aufgrund der Spannung des M. quadrizeps überbelastet. Dieses kann sich auf den Stoffwechsel negativ auswirken und dessen Druckresistenz vermindern.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche bestätigen dieses Resultat. So zeigten Frohnauer et al. (Führt Laufen zur Arthrose? 2006) in einer Literaturübersicht, „dass Laufen nicht zu einem erhöhten Arthroserisiko führt, im Gegensatz zu körperlicher Inaktivität und Übergewicht. Inzwischen überwiegen die Studienergebnisse, nach denen moderate, regelmäßige sportliche Aktivität das Arthroserisiko sogar reduziert. Meist ist es nicht die sportliche Betätigung an sich, die den Knorpel schädigt, sondern vielmehr das Sporttrauma“.

Auch Schmitt et al. (Führt intensiver Langstreckenlauf zur Arthrose? 2006) verglichen 20 ehemalige Marathonläufer mit wenig sporttreibenden alters-, geschlechts- und BMI-gematchten Kontrollpersonen bezüglich der Gonarthrose. Sie stellten fest, dass „Kniegelenkarthrosen bei ehemaligen Langstreckenläufern nur selten aufzutreten scheinen“.

Zusammenfassend kann nach unseren Ergebnissen festgestellt werden, dass eine angemessene Belastung des Knorpels signifikant einer Arthrose entgegenzuwirken scheint. Diese Tatsache dürfte nicht nur auf die sportliche Betätigung zutreffen, sondern auf jede Art körperlicher Bewegung.

## **6.7 Methodikdiskussion**

Im Rahmen dieser Untersuchung bei 1199 Patienten der Praxisklinik für Unfallchirurgie und Orthopädie in Eisenach wurden zahlreiche arthroskopische Befunde benutzt, um einen möglichen Zusammenhang zwischen beruflicher Belastung und Knorpelschäden zu untersuchen. Einige Vorteile im Studienaufbau unterscheiden sie von anderen Studien. Dazu zählen die große Patientenzahl und eindeutige Ausschlusskriterien, wie z.B. Meniskektomien und Knieverletzungen. Als Besonderheit dieser Studie ist die Erhebung des kartographischen Knorpelstatus WOAKS (14 definierte Regionen, Osteophyten, Meniskusbefunde) durch den gleichen Untersucher und die Beurteilung nach anerkannten Kriterien zu nennen. Auch eine exakte Lokalisation der Schäden ist möglich, also die Dokumentation einer Gonarthrose im Femorotibialgelenk oder im Femoropatellargelenk.

Als Schwächen sind insbesondere die zu allgemeinen Berufsangaben zu nennen. Es erfolgte keine exakte Erhebung der Expositionsdauer und Dosismessung für die berufliche und sportliche Belastung. Es wurde dementsprechend nicht erfasst, wie lange der Patient im angegebenen Beruf tatsächlich mit welcher Intensität gearbeitet hat. Außerdem erfolgte keine genaue Sportanamnese nach Art und Dauer der sportlichen Betätigung. Weitere Schwächen sind, dass die Untersuchung nur Patienten mit Knieschmerzen einschloss und so der Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe nicht möglich war. Und auch der Einfluss von internistischen Begleitpathologien ist nur unzureichend beachtet worden.

## **6.8 Zusammenfassung Ergebnisdiskussion**

Eine alleinige Knorpel- und Meniskusschädigung durch die mechanische Druckbelastung, selbst bei größerem Übergewicht, ist sehr unwahrscheinlich. Auch die auftretenden Druckspannungen im Bereich der Patella und Trochlea bei kniender Tätigkeit können zu keiner Schädigung des Knorpels führen. Nur bei extremer Gewichtsbelastung (zusätzliches Bewegen von Lasten) beim Aufstehen oder Hinknien könnten Druckwerte entstehen, die eine Schädigung der Chondrocyten verursachen. Allerdings ist die Einwirkzeit hierbei zu kurz.

Als Ergebnis unserer Untersuchung ist festzustellen, dass eine regelmäßige und moderate Belastung des Knorpels eine protektive Wirkung haben könnte. Hierbei scheint es unerheblich zu sein, ob dies durch Freizeitsport oder auch durch beruflich verursachte Belastungen erreicht wird. Insgesamt ergibt sich aus den arthroskopischen Befunden dieser Untersuchung kein Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen beruflicher Belastung und Knorpelschädigung.

## **6.9 Ausblick**

Mit Sicherheit besteht weiterer Forschungsbedarf bei dieser Fragestellung. Durch die verbesserte MRT-Diagnostik sind auch Studien mit nicht-invasiver Technik möglich. Graichen et al. (2003) zeigten, dass hochauflösende 3D-MRT- Befunde des Knorpels mit intraoperativen Befunden zur Knorpeldicke übereinstimmten. Es ist heute möglich mit dieser Technik und dreidimensionaler digitaler Bildbearbeitung ein komplettes Abbild des Knorpels zu erstellen.

Auch die Durchführung von prospektiven Längsschnittstudien ist empfehlenswert. Hierbei kann die Exposition wesentlich genauer erfasst werden als retrospektiv bei den Querschnittsstudien. Denn eine Querschnittsstudie gibt nur den Ist-Zustand als eine Art Momentaufnahme wieder. So z.B. zeigt der BMI nur den gegenwärtigen Zustand an. Ob aber eine Adipositas schon immer bestanden hat oder erst seit kurzer Zeit, wird durch die Evaluation nicht erfasst. Gleiches gilt für die berufliche Tätigkeit innerhalb eines Arbeitslebens. Möglicherweise bietet sich auch eine Kontrollgruppe zum Vergleich an, die noch nie Schmerzen im Kniegelenk hatte, aber z.B. wegen eines akuten Traumas arthroskopiert wurde.

## 7 Schlussfolgerung

Aufgrund der hier erhobenen arthroskopischen Untersuchungsergebnisse erscheint in der untersuchten Patientenpopulation eine Knorpelschädigung durch alleinige berufliche Überlastung, insbesondere auch durch Tätigkeiten im Knien, unwahrscheinlich. Auch durch die biomechanischen Berechnungen zur Druckbelastung des Knorpels bei den verschiedenen Bewegungsabläufen ist eine Knorpelschädigung durch alleinige mechanische Belastung fast unmöglich [Spahn et al. 2003]. Nur im Patella-Trochlea-Bereich können bei extremen Belastungen höhere Druckspannungen auftreten [Spahn et al. 2008]. Allerdings dürften diese Extremwerte in der alltäglichen Praxis nur in Ausnahmefällen auftreten.

Bisher gibt es allerdings keine sicheren Erkenntnisse darüber, welche Druckwerte über welchen Zeitraum eine Apoptose auslösen können. In der wissenschaftlichen Begründung zur BG 2112 wird auf die Studien von Sandmark et al. (2000) und Cooper et al. (1994) Bezug genommen, die einen Zusammenhang zwischen Mindesteinwirkzeit pro Arbeitsschicht und Gonarthrosrisiko fanden. Solange keine genaueren Ergebnisse darüber vorliegen, ist es eine sinnvolle Empfehlung, beim Hinknien und Aufrichten keine zusätzlichen schweren Lasten zu bewegen. Damit ist eine Schädigung auch bei diesem Bewegungsablauf weniger wahrscheinlich.

Vielmehr besteht aufgrund unserer Daten der Hinweis, dass die Minderbelastung des Knorpels ein viel wichtigerer Pathomechanismus ist als die Überlastung. Unsere Ergebnisse zeigen eindeutig, dass eine regelmäßige physische Belastung eine protektive Wirkung hat. Durch körperliche Aktivitäten, sportlich oder auch beruflich, kommt es zu einer Verbesserung der Blutzirkulation in der Knieregion und zu einer Erhöhung des Substrataustausches (Pumpwirkung) des Knorpels. Dies schafft optimale Bedingungen für den Stoffwechsel des Knorpels.

Im Umkehrschluss ist nun zu vermuten, dass Inaktivität und Verminderung des Stoffwechsels die Belastungsresistenz des Knorpels herabsetzt. In den bisherigen Studien wurden derartige Aspekte kaum beachtet, mit Ausnahme des Rauchens. Deshalb sollte allen Faktoren, die eine chronische „arteriogene Ischämie“ verursachen könnten, mehr Beachtung geschenkt werden. Hierunter fallen bei den beruflichen Belastungen besonders Zwangshaltungen aller Art, nicht nur kniende oder hockende Körperhaltung, sondern auch sitzende Tätigkeiten. Dazu zählen weiter körperliche Inaktivität, arterielle Durchblutungsstörungen, venöse Abflussstörungen, Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie und Hyperlipidämie (metabolisches Syndrom).

Deshalb sollten bei zukünftigen Studien auch diese Parameter mit erfasst und ausgewertet werden. Denn hier wäre eine effektive Prävention möglich.

## 8 Literatur

**Ahlers J.** 2007. Ursachen und Behandlungen von Gelenkknorpelschäden. Hessisches Ärzteblatt, 11: 664-670.

**Bau B,** Gebhard PM, Haag J, Knorr T, Bartnik E, Aigner T. 2002. Relative messenger RNA expression profiling of collagenases and aggrecanases in human articular chondrocytes in vivo and in vitro. Arthritis Rheum, 46(10): 2648-2657.

**Bedson J,** Jordan K, Croft P. 2005. The prevalence and history of knee osteoarthritis in general Practice: a case-control study. Family Practice, 22(1): 103-108.

**Brittberg M,** Winalski CS. 2003. Evaluation of cartilage injuries and repair. J Bone Joint Surg Am., 85-A Suppl 2: 58-69.

**Bundesministerium für Gesundheit und soziale Sicherung:** Bekanntmachung des BMGS vom 01. Oktober 2005-414-45222-2112/1. Ärztlicher Sachverständigenbeirat, Sektion „Berufskrankheiten“, Wissenschaftliche Begründung zur Berufskrankheit Nummer 2112. Bundesarbeitsblatt Nr.10 (2005), S. 46-54.

**Coggon D,** Croft P, Kellingray S, Barrett D, McLaren M, Copper C. 2000. Occupational physical activities and osteoarthritis of the knee. Arthritis Rheum, 43: 1443-1449.

**Cooper C,** McAlindon T, Coggon D, Egger P, Dieppe P. 1994. Occupational activity and osteoarthritis of the knee. Ann Rheum Dis, 53: 90-93.

**Dillon CF,** Rasch EK, Gu Q, Hirsch R. 2006. Prevalence of knee osteoarthritis in the United States: arthritis data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey 1991-94. J Rheumatol, 33(11): 2271-2279.

**Dorotka R,** Boj EJ, Kypta A, Kollar B. 2002. Patellofemoral pain syndrome in young men compared to a normal population exposed to the same physical strain. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 140(1): 48-51.

**Engelhardt M.** 2003. Epidemiology of osteoarthritis in Western Europe. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, Jahrgang 54, Nr. 6: 171-175.

**Felson DT,** Naimark A, Anderson JJ, Kazis L, Castelli W, Meenan RF. 1987. The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study. Arthritis and rheumatism, 30(8): 914-918.

**Felson DT,** Anderson JJ, Naimark A, Walker AM, Meenan RF. 1988. Obesity and knee osteoarthritis. The Framingham Study. Ann Intern Med, 109(1): 18-24.

**Felson DT.** 1988. Epidemiology of knee and hip osteoarthritis. Epidemiol Rev; 10: 1–28

**Felson DT.** 1990. The epidemiology of knee osteoarthritis: results from the Framingham Osteoarthritis Study, Boston University Arthritis Center, Semin Arthritis Rheum, 20(3 Suppl 1): 42-50.

**Felson DT.** 2007. Knee buckling: prevalence, risk factors, and associated limitations in function. The Framingham Osteoarthritis Study. Ann Intern Med, 147(8): 534-540.

**Frohnauer A,** Neff A, Knechtle B. 2006. Does running increase the risk of osteoarthritis? Praxis (Bern 1994), 95(35): 1305-1316.

**Gaissmaier C,** Fritz J. 2005. Ursachen und Epidemiologie von Knorpelschäden des Kniegelenkes. Arthritis und Rheuma Vol. 25, 6: 293-298.

**Goldring MB,** Birkhead JR, Sandell LJ, Kimura T, Krane SM. 1988. Interleukin-1 suppresses expression of cartilage-specific types II and IX collagens and increases types I and III collagens in human chondrocytes. J Clin Invest, 82(6): 2026-2037.

**Graichen H,** Jakob J, von Eisenhart-Rothe R, Englmeier KH, Reiser M, Eckstein F. 2003. Validation of cartilage volume and thickness measurements in the human shoulder with quantitative magnetic resonance imaging. Osteoarthritis Cartilage, 11(7): 475-482.

**Greinemann M.** 1983. Prädestinieren Kniescheibenhochstand, Knie- und Kniescheibenfehlformen sowie Beinachsenfehlstellungen bei kniebelasteten Berufen zu



vorzeitigen Verschleißschäden? Hrsg. von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Bremerhaven, Wirtschaftsvortrag.

**Gross P**, Marti B. 1997. Sportliche Aktivität und Arthrose-Risiko. Schweiz Med Wochenschr, 127: 967-977.

**Hackenbroch MH**. 2002. Arthrosen: Basiswissen zur Klinik, Diagnostik und Therapie. Stuttgart: Thieme Verlag.

**Hartmann B**, Glitsch U, Görgens HW, Grosser V, Weber M, Schürmann J, Seidel D. 2007. Ein belastungskonformes Schadensbild der Gonarthrose durch Knien oder vergleichbare Kniebelastung. BG der Bauwirtschaft, Arbeitsmedizinischer Dienst. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed (ASU), 42: 64-67.

**Häuselmann HJ**, Flechtenmacher J, Michal L, Thonar EJ, Shinmei M, Kuettner KE, Aydelotte MB. 1996. The superficial layer of human articular cartilage is more susceptible to interleukin-1 induced damage than the deeper layers. Arthritis Rheum, 39(3): 478-488.

**Hempfling H**, Bohndorf K, Roemer F. 2008. Acute, traumatic versus chronic cartilage lesions as terms of a medical expert's opinion. Z Ortop Unfall, 146(3): 381-391.

**Hunter DJ**, March L, Sambrook PN. 2002. Knee osteoarthritis: the influence of environmental factors. Clin Exp Rheumatol, 20(1): 93-100.

**Institut für Arbeitsschutz der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA)**. 2009. Belastung des Kniegelenks beim Knien und Hocken. Projekt-Nr. BGIA 4145.  
online: <http://www.dguv.de/ifa/de/pro/pro1/bgia4145/index.jsp>

**Jahn B**, Burmester GR, Schmid H, Weseloh G, Rohwer P, Kalden JR. 1987. Changes in cell surface antigen expression on human articular chondrocytes induced by gamma-interferon. Inductions of Ia antigens. Arthritis Rheum, 30(1): 64-74.

**Kasch J**, Enderlein G. 1986. Kniegelenksschäden im Schiffbau. Beitr Orthop Traumatol, 33(10): 487-494.

**Kellgren JH**, Lawrence JS. 1957. Radiological assessment of osteo-arthritis. Ann Rheum Dis, 16(4): 494-502.

**Kentner M**. 2008. Berufskrankheiten Meniskopathie und Gonarthrose – Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks. Gibt es ein belastungskonformes Schadensbild? MedSach, 6: 228-234.

online: <http://www.medsach.de/MEDSACH-2008-6/Berufskrankheiten-Meniskopathie-undGonarthrose-Funktionelle-Anatomieund-Biomechanik-des-Kniegelenks-Gibt-es-ein-belastungskonformesSchadensbild,TUIEPTMwMDA5JkFJRD0yMjUyMDI.html>

**Kirkeskov Jensen L**, Mikkelsen S, Loft IP, Eenberg W, Bergmann I, Logager V. 2000. Radiographic knee osteoarthritis in floorlayers and carpenters. Scand J Work Environ Health, 26: 257-262.

**Klein P**, Sommerfeld P. 2004. Biomechanik der menschlichen Gelenke. 1. Auflage. Urban&Fischer Verlag, 238-316.

**Kohn D**, Hrsg. 2005. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Thieme Verlag.

**Krukemeyer MG**, Möllendorf G. 2009. Endoprothetik: Leitfaden für denPraktiker. Verlag Walter de Gruyter.

**Lau EC**, Cooper C, Chang VNH, Tsang KK, Sham A. 2000. Factors associated with osteoarthritis of the hip and knee in Hong Kong Chinese: obesity, joint injury and occupational activities. Am J Epid, 152: 855-862.

**Lindberg H**, Montgomery F. 1987. Heavy labor and the occurrence of gonarthrosis. Clin Orthop Relat Res, 214: 235-236.

**Linß W**, Fanghänel J, Hrsg. 1999. Histologie. Verlag: Walter de Gruyter, 59-61.

**Lippert H**. 2003. Lehrbuch der Anatomie. 6. Auflage. Urban&Fischer Verlag, 787-796.

**Madea B**, Brinkmann B, Hrsg. 2003. Handbuch gerichtliche Medizin – Band 2. 3. Auflage. Springer Verlag.

**Mansour JM**, Mow VC. 1976. The permeability of articular cartilage under compressive strain and high pressures. J Bone Joint Surg Am, 58(4): 509-516.

**Maquet PGJ**. 1984. Biomechanics of the knee. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio: Springer Verlag, 69, Abb. 63.

**Martinek V**. 2003. Anatomie und Pathophysiologie des hyalinen Knorpels. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Jahrgang 54, Nr. 6: 166-170.

**Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 2112**. 2009. Bek. Des BMAS vom 30.12.2009. IVa 4-45222-2112-GMBI 5/6/2010, S. 98 ff.

**Michael JWP**, Schlüter-Brust KU, Eysel P. 2010. The Epidemiology, Etiology, Diagnosis, and Treatment of Osteoarthritis of the Knee. Dtsch Arztebl Int 2010; 107(9): 152-62.

**Moll KJ**. 2000. Kurzlehrbuch der Anatomie. 16. Auflage. Urban&Fischer Verlag, 218-222.

**Mollenhauer JA**. 2008. Perspectives on articular cartilage biology and osteoarthritis. Injury, Vol.39 (Issue 1, Suppl): 5-12.

**Niethard FU**, Pfeil J. 1997. Orthopädie. Hippokrates-Verlag Stuttgart, 190-196.

**Niggli A**. 2003. Gonarthrose: Diagnostik und Therapie. Primary Care, 3: 89-92.

**Panjabi MM**, White AA III. 2001. Biomechanics in the musculoskeletal system. Churchill Livingston, 151-156.

**Peat G**, McCarney R, Croft P. 2001. Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care. Ann Rheum Dis, 60(2): 91-97.

**Petit B**, Masuda K, D'Souza A. 1995. Comparative studies of the rate of formation,

compartmentalization and crosslinking of the collagenous network formed by fetal and adult articular chondrocytes in vitro. Trans Orthop Res Soc, 20: 405.

**Pullig O**, Pfander D, Swoboda B. 2001. Molekulare Grundlagen der Arthroseinduktion und -progression. Der Orthopäde, 30(11): 825-833.

**Reng W**. 2008. Biomechanik des Kniegelenkes. Fachkongress für Physiotherapeuten.  
online: <http://www.endogap.de/endogap/media/files/Reng-Biomechanik-Knie.pdf>

**Sandmark H**, Hogstedt C, Vingård E. 2000. Primary osteoarthritis of the knee in men and women as a result of lifelong physical load from work. Scand J Work Environ Health, 26(1):20-5.

**Schmitt H**, Rohs C, Schneider S, Clarius M. 2006. Is competitive running associated with osteoarthritis of the hip or the knee? Der Orthopäde, 35(10): 1087-1092.

**Sozialgesetzbuch Siebtes Buch** – Gesetzliche Unfallversicherung – (Artikel 1 des Gesetzes vom 07. August 1996, BGBl. I S. 1254). § 9 Berufskrankheit.  
online: [http://norm.bverwg.de/jur.php?sgb\\_7,9](http://norm.bverwg.de/jur.php?sgb_7,9)

**Spahn G**, Kahl E, Klinger HM, Mückley T, Günther M, Hofmann GO. 2007. Mechanical behavior of intact and low-grade degenerated cartilage, Biomed Tech (Berl), 52(2): 216-222.

**Spahn G**. 2008. Knieschmerz, Knorpelschaden und Gonarthrose, Epidemiologische, biomechanische und klinische Untersuchungen 2008 [Kumulative Habilitationsschrift]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

**Spahn G**, Mückley T, Klinger HM, Hofmann GO. 2008. Whole-Organ Arthroscopic Knee Score (WOAKS). BMC Musculoskelet Disord, 9: 155.

**Spahn G**, Wittig R. 2003. Biomechanical properties (Compressive Strength and Compressive Pressure at break) of hyaline cartilage under axial load. Zentralbl Chir, 128(1): 78-82.

**Spahn G**, Schwark B, Bartsch R, Mückley T, Hofmann GO, Schiele R. 2007. Untersuchung zur

Bestimmung von krankheitsassoziierten Faktoren der Gonarthrose. Phys Med Rehab Kuror, 17: 1-7.

**Spahn G.** 2006. Knorpelschaden und Gonarthrose. Akt Traumatol, 36: 1-13.

**Statistisches Bundesamt.** 2009. Pressemitteilung Nr.364 vom 24.09.2009

online:

[http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2009/09/PD09\\_\\_364\\_\\_12621,templateId=renderPrint.psml](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2009/09/PD09__364__12621,templateId=renderPrint.psml)

**Stürmer T, Günther KP, Brenner H.** 2000. Obesity, overweight and patterns of osteoarthritis: The Ulm Osteoarthritis Study. J Clin Epidemiology, 53(3): 307-313.

**Sun Y, Stürmer T, Günther KP, Brenner H.** 1997. Incidence and prevalence of cox- and gonarthrosis in the general population. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 135(3): 184-192.

**Theiler R.** 2002. Arthrose: Epidemiologie, Diagnose und Differentialdiagnose, Abklärung und Dokumentation. Schweiz Med Forum, 23: 555-561.

**Thonar EJ, Glant T.** 1992. Serum keratan sulfate - a marker of predisposition to polyarticular osteoarthritis. Clin Biochem, 25(3): 175-180.

**Uhlmann K.** 1986. Lehrbuch der Anatomie des Bewegungsapparates. Quelle&Meyer Verlag Heidelberg – Wiesbaden.

**van Saase JL, van Romunde LK, Cats A, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA.** 1989. Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a Dutch population with that in 10 other populations. Ann Rheum Dis, 48(4): 271-280.

**Vrezas I, Elsner G, Bolm-Audorff U, Abolmaali N, Seidler A.** 2010. Case-control study of knee osteoarthritis and lifestyle factors considering their interaction with physical workload. Int Arch Occup Environ Health, 83(3): 291-300.

online: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19921240?itool=EntrezSystem>

**Welsch U**, Sobotta J. 2002. Lehrbuch Histologie. 1. Auflage. Urban&Fischer Verlag, München.

**WHO** – Empfehlungen zur Bestimmung der Adipositas (BMI). 2010.

online: [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)

**Wickström G**, Hänninen K, Mattison T, Niskanen T, Riihimäki H, Waris P, Zitting A. 1983. Knee degeneration in concrete reinforcement workers. British Journal of Industrial Medicine 40: 216 – 219.

**Zech R**, Domagk GF. 2004. Biochemie. 17. Auflage. Thieme Verlag.

## 9 Anlagen

### Anlage 1

#### **Deutsche Version des KOOS (Knee and Osteoarthritis Outcome Score)**

(Bizzini and Gorelick, 2007)

### „KOOS“ KNIEFRAGEBOGEN

Datum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Patienten Nr: \_\_\_\_\_

ANLEITUNG: Dieser Ankreuzbogen befragt Sie, welchen Eindruck Sie von Ihrem Knie haben. Die dadurch gewonnene Information wird uns helfen zu überwachen, wie es Ihnen mit Ihrem Knie geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihre üblichen Aktivitäten zu verrichten. Beantworten Sie bitte jede Frage durch ankreuzen des zugehörigen Kästchens. Bitte nur ein Kästchen pro Frage ankreuzen. Wenn Sie sich unsicher sind, wie Sie die Frage beantworten sollen, wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen am zutreffendsten erscheint.

#### **Symptome**

Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden von Seiten Ihres Kniegelenkes in der vergangenen Woche.

	niemals	selten	manch- mal	oft	immer
S1. Haben Sie Schwellungen an Ihrem Knie?					
S2. Fühlen Sie manchmal ein Mahlen, hören Sie manchmal ein Klicken oder irgendein Geräusch, wenn Sie Ihr Knie bewegen?					
S3. Bleibt Ihr Knie manchmal hängen, oder blockiert es, wenn Sie es bewegen?					

	immer	oft	manch- mal	selten	nie
S4. Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?					
S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?					

## Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der letzten Woche. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

	keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
S6. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen?					
S7. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit nach dem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten im Verlauf des Tages?					

## Schmerzen

	niemals	monatlich	wöchentlich	täglich	immer
P1. Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh? niemals monatlich wöchentlich täglich immer					

Wie ausgeprägt waren Ihre Schmerzen in der vergangenen Woche als Sie z.B. ...

	keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
P2. sich im Knie drehen?					
P3. Ihr Knie ganz ausstrecken?					
P4. Ihr Knie ganz beugen?					
P5. auf ebenem Boden gehen?					
P6. Treppen herauf oder heruntergehen?					
P7. nachts im Bett liegen?					
P8. saßen oder lagen, z.B. auf der Couch?					
P9. aufrecht stehen?					



## Aktivitäten des täglichen Lebens

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit sich selbständig zu bewegen bzw. sich selbst zu versorgen. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie letzte Woche als Sie z.B.:

	keine	wenig	einige	große	sehr große
A1. Treppen herunterstiegen?					
A2. Treppen hinaufstiegen?					
A3. vom Sitzen aufstanden?					
A4. standen?					
A5. sich bückten um z.B. etwas vom Boden aufzuheben?					
A6. auf ebenen Boden gingen?					
A7. ins Auto ein- oder ausstiegen?					
A8. einkaufen gingen?					
A9. Strümpfe/Socken anzogen?					
A10. vom Bett aufstanden?					
A11. Strümpfe/Socken auszogen?					
A12. im Bett lagen und sich drehten, ohne das Knie dabei zu beugen?					
A13. in oder aus der Badewanne kamen?					
A14. saßen?					
A15. sich auf die Toilette setzten oder aufstanden?					
A16. schwere Hausarbeit verrichteten (schrubben, Garten umgraben, ...)?					
A17. leichte Hausarbeit verrichteten (Staub wischen, kochen, ...)?					

## Sport und Freizeit

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit im Rahmen eher sportlicher Aktivitäten. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

Hatten Sie Schwierigkeiten letzte Woche als Sie z.B.:

	keine	wenig	einige	große	sehr große
SP1. in die Hocke gingen?					
SP2. rannten?					
SP3. hüpfen?					
SP4. sich auf Ihrem kranken Knie umdrehen?					
SP5. sich hinknieten?					

## Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie

	niemals	monatlich	wöchentlich	täglich	immer
Q1. Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie?					

	nicht	wenig	etwas	stark	vollständig
Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert, um eventuell Ihrem Knie schadende Tätigkeiten zu vermeiden?					

	gar nicht	wenig	einiges	schlimm	sehr schlimm
Q3. Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, dass Ihr Knie nicht stabil ist?					

	keine	wenig	etwas	große	sehr große
Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten, die Sie durch das Knie haben?					

Vielen Dank für die Beantwortung aller Fragen dieses Fragebogens!

## Anlage 2

Tabelle 24: Berufsgruppen und angegebene Berufe/Tätigkeiten

### Alten- und Krankenpflege n=27 (m=7, w=20)

Arzthelferin	3	Krankenpfleger	1	Physiotherapeutin	1
Ärztin	1	Krankenpflegerin	3	Schwesternhelferin	1
Kinderkrankenpfleger	1	Krankenschwester	7	Zahnarzthelferin	4
Kinderkrankenschwester	2	Pflegekraft	1	Zahntechnikerin	1
Klinik-Außendienst	1				

### Angestellter/Bürotätigkeit n=148 (m=48, w=100)

Angestellte	2	Buchhalterin	1	Logistiker	1
Angestellter	5	Buchhaltung	1	Lohnbuchhalterin	2
Anzeigenfachberater	1	Büroangestellte	1	Lohnsteuerprüfer	1
Assistent Manager	1	Bürokauffrau	4	PC-Administrator	3
Aufsichtsbeamtin	1	Bürokraft	3	Personalreferent	2
Banker	3	Disponent	4	Reisekauffrau	1
Bankkauffrau	5	EDV-Administrator	1	Reisekaufmann	1
Bankkaufmann	5	Empfangssekretärin	1	Sachbearbeiterin	9
Bauhofmitarbeiter	1	Finanzbuchhalterin	1	Sachbearbeiter	7
Baumarktleiter	1	Finanzkauffrau	1	Sekretärin	11
Bergbau	2	Großhandelskaufmann	2	Stenotypistin	2
Bergbautechnologe	2	Großhandelskauffrau	2	Steuerberaterin	1
Betonbauer	3	Industriekauffrau	3	Steuerfachgehilfin	1
Betreuer	1	kaufmännische Angestellte	7	Versicherungsangestellter	1
Betreuerin	1	Kaufmännischer Angestellter	6	Versicherungskaufmann	4
Betriebs- und	2	Kaufmann	8	Verwaltungsangestellte	9
Bibliothekarin	2	Landesbediensteter	1	Verwaltungsangestellter	4
Buchhalter	1	Leiter Büro	1	Verwaltungsmitarbeiterin	1

### Automobilwerker n=35 (m=27, w=8)

Autobauer	3	Gruppenleiter	1	Teamleiter	1
Automechaniker	1	Karosseriebauer	9	Teamsprecher	3
Autoschlosser	5	Montage Autoindustrie	4	Technologe	1
Fahrzeuglackierer	4	Sattler	3		

### Berufe mit hoher Kniebelastung gemäß BK-Kriterien n=42 (m=40, w=2)

Bergbau Hauer	7	Maler	8	Schweißer	1
Dachdecker	2	Parkett-Fliesen-	8	Zimmermann	1
Installateur	15	Fußbodenleger			

### Berufe mit hoher Kniebelastung ohne BK-Kriterien n=39 (m=36, w=3)

Maurer, Bauarbeiter	39
---------------------	----

### Chemiearbeiter n=3 (m=3, w=0)

Chemiearbeiter	3
----------------	---

### Dienstleistung n=60 (m=24, w=36)

Babyjahr	1	Hausmeister	3	Postzustellerin	7
Berufsfeuerwehr	2	Klinik-Außendienst	1	Rechtsanwalt	1
Freiberufler	2	Kommunalfacharbeiter	1	Reinigungskraft	9
Friseurin	8	Kosmetikerin	1	Schornsteinfeger	2
Friseur	2	Laborantin	3	ServiceMonteur, -techniker	6
Fußbodenleger	1	Modistin	1	Wachmann	1
Gemeindeschwester	1	MTA	1	Zivildienst	2
Haushälterin	1	Polizist	1	Zugbegleiter	2

### Gastronomie n=20 (m=7, w=13)

Gastronom	3	Hotel- und	3	Kellnerin	3
Gastwirtin	3	Restaurantfachfrau		Kellner	8

**Handelsmitarbeiter** n=74 (m=17, w=57)

Einzelhandelskaufmann	5	Handelskauffrau	3	Verkäuferin	47
Fachverkäufer	1	Kassiererin	3	Verkäufer	7
Fachverkäuferin	4	Marktleiter	1	Verkaufsstellenleiter	2
Fitnessberaterin	1				

**Handwerker, sonstige** n=40 (m=32, w=8)

Bandagistin	1	Elektroniker	1	Schreiner, Tischler	8
Böttger	1	Handwerker	3	Schriftsetzermeister	1
Dekorateurin	1	Optikermeisterin	1	Schuhbodenfacharbeiter	1
Elektriker, Elektroinstallateur	11	Polsterer	1	Werkstattleiter	1
Elektromeister	9				

**Hausfrau** n=50 (m=0, w=50)

Erziehungsurlaub	1	Hausfrau	48	Hauswirtschafterin	1
------------------	---	----------	----	--------------------	---

**Hochschulberufe** n=54 (m=39, w=15)

Architektin	1	Diplomökonom	2	Objektleiter, Ökonom	2
Apothekerin	3	Elektroingenieur	1	Rechtsanwalt	4
Arzt, Ärztin	2	Geschäftsführer, Ingenieur	21	Schichtleiter	3
Diplom-Theologe	2	Manager	4	Unternehmer	1
Diplom-Verwaltungswirt	4	Musiker	2	Wiss. Mitarbeiter	2

**Industriemechaniker, Elektroniker** n=42 (m=18, w=24)

Elektromeister	1	Feinmesstechniker	1	Mechaniker	1
Elektroniker	1	Industrieelektroniker	5	Mechatroniker	1
Elektromechaniker	1	Industriemechaniker	11	Meister	3
Elektromonteur	1	Instandhalter	4	Systemtechniker	1
Elektromontierer	2	Instandhaltungsingenieur	3	Technischer Angestellter	1
Elektronik-Facharbeiter	1	Instandhaltungsmechaniker	1	Uhrmacher	1
Elternzeit	1	Kälteanlagenbauer	1		

**Keine verwertbaren Angaben** n=20 (m=4, w=16)

Rentner	12	Student	4	Umschülerin	1
Schülerin	1	Studentin	2		

**Kfz-Schlosser** n=20 (m=20, w=0)

Kfz-Mechaniker	10	Kfz-Meister	3	Kfz-Verkäufer	1
Kfz-Schlosser	6				

**Kraftfahrer** n=52 (m=40, w=12)

Botin	1	Hausfrau	1	Lokführer	1
Busfahrer	2	Kraftfahrer	40	Taxifahrer	1
Entsorger	1	Kurierdienst	1	Verkaufsfahrer	4

**Lagerarbeiter** n=19 (m=12, w=7)

Handelsfachpacker	1	Lagerarbeiter, Lagerist	9	Packer	2
Kommissionierer	4	Lagerarbeiterin	1	Versandarbeiter	1

**Landwirt/Forstwirt** n=48 (m=25, w=23)

Agrartechniker	5	Gärtner	3	Tierpfleger	4
Azubi Forst	1	Gärtnerin	2	Traktorist	5
Forstarbeiter	1	Landwirt	24	Traktoristin	1
Forstarbeiterin	1	Melker	1		

**Lebensmittelindustrie (Koch, Bäcker, usw.)** n=44 (m=28, w=16)

Bäcker	4	Koch	8	Pizzabäcker	1
Dauerbackwarenhersteller	1	Köchin	16	Tabak-Facharbeiter	1
Fleischer, Fleischermeister	12	Lebensmittelkontrolleur	1		

**Lehrer/Ausbilder n=49 (m=11, w=38)**

Ausbilder	3	Erzieherin	15	Kindergärtnerin	4
Dozentin	1	Fachschullehrer	1	Lehrer	1
Dreher	2	Familientherapeutin	1	Lehrerin	10
Einrichter	1	Heilerziehungspfleger	2	Sozialbetreuer	1
Erzieher	2	Heimerzieherin	2	Sozialpädagoge	3

**Metallfacharbeiter n=138 (m=116, w=22)**

CNC-Fräser	4	Maschinenbaumeister	2	Schmied	2
Dreher	5	Maschinenschlosser	23	Schweißer	3
Einrichter	4	Mechaniker	6	Teilezurichter	1
Feinmesstechniker	3	Mechatroniker	1	Transferpressenbediener	5
Fernmeldetechniker	1	Meister	6	Uhrmacher	1
Fertigungsmechaniker	1	Metallflugzeugbauer	2	Verfahrensmechaniker	1
Härter	2	Metallfacharbeiter	2	Werkstattleiter	2
Klempner	2	Montagearbeiter	4	Werkzeugbeschaffer	1
Maschinenbediener	6	Montagearbeiterin	1	Werkzeugmacher	20
Maschineneinrichter	4	Monteur	6	Zerspaner	13

**Ohne n=7 (m=7, w=0)**

Ohne Angabe	7
-------------	---

**Produktionsarbeiter mit wechselnder Tätigkeit n=96 (m=17, w=79)**

Fabrikarbeiterin	1	Montagearbeiterin	18	Produktionsvorbereiter	1
Keramikformer	2	Monteur	3	PTA	2
Maschinenbediener	5	ohne Beruf	24	Vorarbeiter	1
Maschinenbedienerin	1	Produktionsarbeiter	21	Wirtschaftshelfer	2
Maschinenschlosser	2	Produktionsarbeiterin	12	Wirtschaftskauffrau	1

**Qualitätskontrolle n=19 (m=16, w=3)**

Facharbeiter	12	FA Anlagen- Schweißtech.	2
Facharbeiter Fertigung	3	Kontrolleur	2

**Rentner n=4 (m=4, w=0)**

Rentner	4
---------	---

**Schüler mit Kniebelastung n=1 (m=1, w=0)**

Azubi Fussbodenleger	1
----------------------	---

**Schüler ohne Kniebelastung n=32 (m=17, w=15)**

Azubi Agrotechniker	1	Azubi Friseurin	1	Azubi Physiotherapeutin	1
Azubi Kfz-Schlosser	2	Azubi Hotelfachfrau	1	Schüler	4
Azubi Bankkaufmann	3	Azubi Kaufmann	1	Soziales Jahr	1
Berufsvorbereitung	1	Azubi Koch	2	Student	8
Azubi Bürokauffrau	1	Azubi Maskenbildnerin	1	Azubi Werkzeugmacher	1
Azubi Fachverkäuferin	1	Azubi Maurer	1	Azubi	1

**Staplerfahrer n=4 (m=3, w=1)**

Staplerfahrer	4
---------------	---

**Textilarbeiter n=12 (m=5, w=7)**

Kleidungs-facharbeiter	3	Polsterer	4	Textilfacharbeiter	2
Näherin	1	Textilreinigerin	1		

## **Danksagung**

Mein herzlichster Dank gebührt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. habil. G. Spahn, dem Leiter der Praxisklinik für Unfallchirurgie und Orthopädie Eisenach, für die Vergabe des Themas und für die Überlassung der von ihm erhobenen umfangreichen Arthroskopiebefunde und sonstiger Vorbefunde.

Besonderen Dank auch für die Anregungen zu dieser Arbeit, der engagierten inhaltlichen und fachlich kompetenten Unterstützung und Betreuung bei der nicht immer leichten Datenauswertung und beim Verfassen dieser Arbeit.

Bedanken möchte ich mich ebenfalls bei den Mitarbeitern der Praxisklinik, die an der Erhebung und Erstellung des Datenmaterials beteiligt waren, insbesondere auch bei Frau Herrmann.

Besonderen Dank gilt weiterhin Herrn Prof. Dr. R. Schiele, Direktor des Institutes für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin und Umwelthygiene der Friedrich-Schiller-Universität Jena für das mir entgegengebrachte Vertrauen und die Möglichkeit, diese Arbeit an seinem Institut zu realisieren.

Dank gilt auch meiner Familie und besonders meiner Frau, die mir ständig Unterstützung und Verständnis entgegenbrachte.

## **Lebenslauf**

### Persönliche Daten

Name, Vorname	Peter, Marcel
wohnhaft in	Schulstraße 12, 07749 Jena
geboren am	21.07.1981
geboren in	Gera
Eltern	Norbert Peter, Facharzt für Allgemeinmedizin Marita Peter, Arzthelferin
Geschwister	keine
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	verheiratet, keine Kinder
Ehefrau	Franziska Peter, geb. Undeutsch

### Schulische Ausbildung

1988 – 1992	Grundschule Berga/Elster und Eisenach
1992 – 2000	Ernst-Abbe-Gymnasium Eisenach
2000	Abitur

### Zivildienst

2000 – 2001   Rehabilitationsklinik Dr. Lauterbach GmbH Bad Liebenstein

### Berufliche Ausbildung

01.08.2001 – 31.07.2004	Lehre als Bankkaufmann (Wartburgsparkasse Eisenach)
01.08.2004 – 30.09.2004	Bankkaufmann (Wartburgsparkasse Eisenach)
01.10.2004	Studium der Humanmedizin (Friedrich-Schiller-Universität Jena)
08/2006	1. Staatsexamen Humanmedizin
17.08.2009 – 16.07.2010	Praktisches Jahr
09.12.2010	2. Staatsexamen
15.02.2011	Erhalt der Approbation
Seit 01.05.2011	Assistenzarzt für Augenheilkunde an der Universitätsklinik Jena

Jena, den

Marcel Peter

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Herr PD Dr. med. G. Spahn, Eisenach.

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und das Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorliegenden Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Jena, den

Marcel Peter